

Posten 2: Napfbrunnen**Solothurner Kalkstein mit Fossilien und Kalkoolith**

An diesem Posten lernen Sie zwei sehr spezielle Kalksteine kennen: das Brunnenbecken besteht aus sogenanntem «Solothurner Kalkstein» mit besonders auffälligen Fossilien, während die Brunnensäule aus lauter kleinen Kalkkugeln aufgebaut ist.

Wir werden uns mit folgenden Fragen beschäftigen:

- Wie entsteht Kalkstein?
- Was sind Fossilien?
- Woraus bestehen die Kugeln in der Brunnensäule?
- Wie kann mit Hilfe dieser Gesteine rekonstruiert werden, wie die Welt in früheren Zeiten ausgesehen hat?

**1. Solothurner Kalkstein**

Sie können sicher leicht erkennen, dass das Becken des Napfbrunnens aus Kalkstein besteht. Dieser Kalkstein unterscheidet sich jedoch von jenem, den Sie vermutlich im Unterricht bereits kennen gelernt haben, denn er enthält auffällige, kegelförmige Schalen von Tieren (Abb. 1). Die Schnecken, zu welchen diese Schalen einst gehörten, heissen Nerineen und lebten vor etwa 155 Millionen Jahren im Meer. Es gab viele verschiedene Arten davon, sie starben jedoch bereits vor 65 Millionen Jahren aus. Nerineen haben ein spitz zulaufendes Gehäuse, dessen Windungen einen seltsam verwinkelten Querschnitt haben (Abb. 3).

Schalen und Knochen von Tieren wie auch Reste von Holz oder Pflanzen, die in Gesteinen eingeschlossen sind, werden als **Fossilien** oder **fossile Organismen** bezeichnet. In der Umgangssprache wird dafür oft der Begriff «Versteinerung» verwendet. Dieser Begriff ist jedoch nicht in allen Fällen korrekt. Die Schalen von Muscheln oder die Gehäuse von Schnecken z. B. bestehen bereits aus Gestein, nämlich aus einem Karbonat (CaCO_3). Meist handelt es sich dabei um die Minerale Aragonit oder Kalzit, welche die Lebewesen – vereinfacht gesagt – aus Kalzium und Kohlensäure selbst herstellen können (Abb. 2). Sie «versteinern» deshalb nicht, sie werden bloss Teil des Gesteins, das sie umgibt. Bei Pflanzenresten verhält es sich anders, diese können sich tatsächlich in Gestein umwandeln, häufig in Form von Steinkohle.

Der Solothurner Kalkstein wurde früher in mehreren Steinbrüchen in der Region Solothurn abgebaut und in vielen Schweizer Städten als Baumaterial oder für Brunnen verwendet. Ist das Gestein frisch angeschliffen, sind die Nerineen besonders schön zu sehen (Abb. 8).

Wie kommt es dazu, dass die Gehäuse von Schnecken aus dem Meer in Kalkstein eingeschlossen und zu einem Teil dieses Gesteins werden? Kalkstein ist ein **Ablagerungs-** oder **Sedimentgestein**, das durch die Ablagerung von Kalkpartikeln (die meisten davon unter 1 mm) im Wasser entsteht (Abb. 4). Die Kalkpartikel werden sehr langsam abgelagert. So kann es bis zu einer Million Jahre dauern, bis eine Kalksteinschicht von einem Meter Dicke entstanden ist.



Abb. 1: Nerineen in stark verwittertem Solothurner Kalkstein am Napfbrunnen



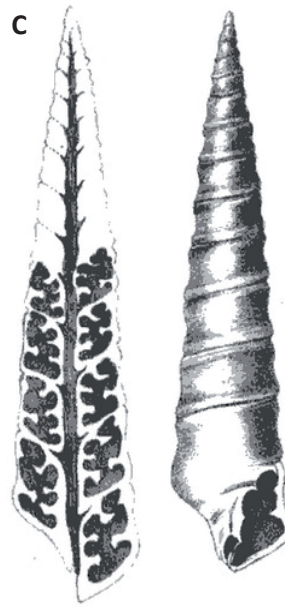
Abb. 2: Schalen von Turmschnecken und Muscheln an einem Strand



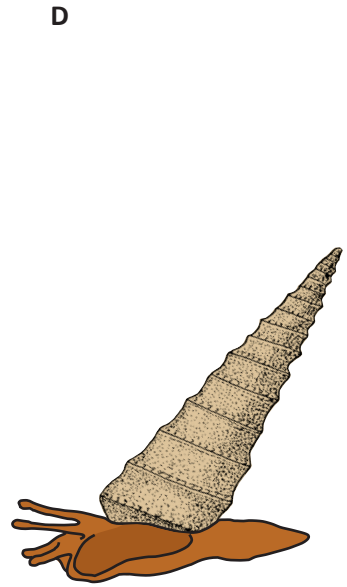
Schnitt durch eine gut erhaltene Nerinee aus einem Steinbruch in Solothurn



Ganze fossile Nerinee, Fundort unbekannt

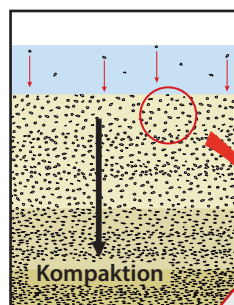
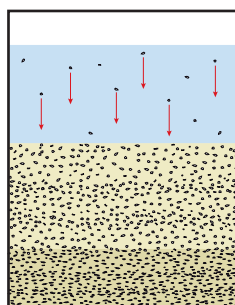
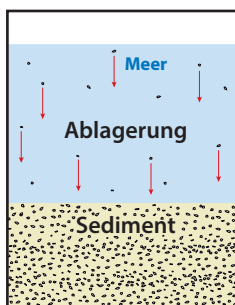


Seltsam verwinkelter Querschnitt der Windungen im Schneckenhaus (aus einem Geologiebuch von 1863)



So könnten Nerineen vor 155 Millionen Jahren ausgesehen haben.

Abb. 3 A - D: Nerineen



Zuerst ist das am Meeresgrund abgelagerte Sediment mit Wasser vollgesogen und weich. Je mächtiger die Ablagerungen jedoch werden, desto schwerer werden sie auch. Durch überlagernde Schichten wird das Sediment in der Tiefe zusammengepresst (kompaktiert) und zu Sedimentgestein verfestigt (Abb. 4). Dieser Vorgang wird **Diagenese** genannt. Die Muschel in Abb. 4 lebt auf der Oberfläche des Sedimentes am Meeresgrund. Nach ihrem Tod wird sie durch anhaltende Ablagerung immer tiefer in den Sedimenten vergraben. Dabei füllt sich auch der Hohlraum, den die verwesenden Weichteile des toten Tieres hinterlassen, mit Ablagerungen.

Im Lauf der Diagenese wandelt sich die Muschelschale aus feinkörnigem Karbonat (Aragonit oder Kalzit) entweder in grobkörnigen Kalzit um und bleibt dadurch erhalten oder sie löst sich auf. In diesem Fall bleibt nur der Steinkern aus verfestigten Ablagerungen übrig. Dieser Vorgang der **Fossilisation** dauert Zehntausende bis Hunderttausende Jahre.

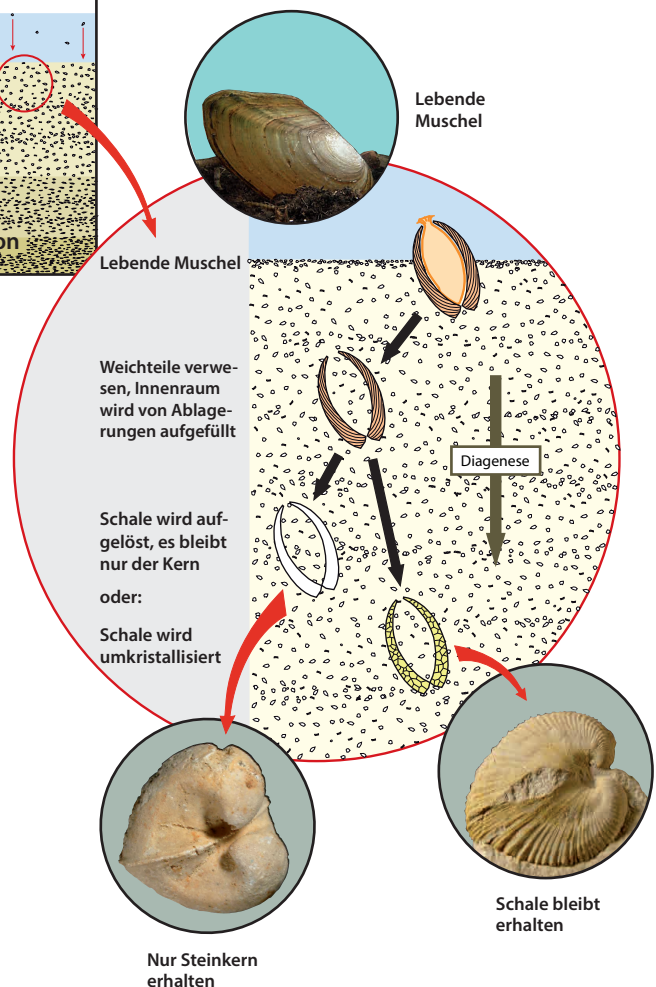


Abb. 4: Entstehung von Sedimentgestein und Fossilisation von Organismen



Welche Geschichten erzählt uns der Solothurner Kalkstein?

Wir wissen bereits, dass der weitaus grösste Teil aller Kalksteine in Meeren abgelagert wurde. Dieser Vorgang kann heute vor allem in tropischen Regionen beobachtet werden, also in einem Gürtel von ca. 5'200 km Breite, der sich beidseits des Äquators erstreckt. Deshalb nimmt man an, dass die meisten Kalksteine auch früher in tropischen oder zumindest in klimatisch warmen Regionen entstanden sein müssen. Lag also Solothurn, wo der Kalkstein von Posten 2 herkommt, früher in den Tropen?

Mit dieser und mit ähnlichen Fragen beschäftigen sich die Geologinnen und Geologen, denn sie möchten Lage, Form und Beschaffenheit von Kontinenten und Meeren in früheren Zeiten möglichst genau rekonstruieren können. Dies nennt man **Paläogeografie** (altgriech: palaios = alt). Die Messung feinsten Magnetfeldes, die in vielen Gesteinen seit ihrer Entstehung gespeichert sind und die Lage ihres Entstehungsortes relativ zu den Polen anzeigen, verrät uns, dass sich die Kontinente – so wie wir sie heute kennen – nicht immer an demselben Ort auf der Erde befanden. Zu jener Zeit vor 155 Millionen Jahren, als der Solothurner Kalkstein abgelagert wurde, befand sich das Gebiet der späteren Schweiz etwa 1'200 km weiter im Süden am Rand eines grossen tropischen Meeres, des **Neotethys-Ozeans**. Weil damals vielerorts in jenem Gebiet, das später Europa werden sollte, Kalkstein gebildet wurde, wissen wir, dass es von einem flachen, warmen Meer bedeckt gewesen sein musste, aus welchem nur wenige Inseln herausragten (Abb. 5A).

Streng genommen befand sich Solothurn vor 155 Millionen Jahren also nicht in den Tropen, denn diese reichen nur von 23,5° südlicher Breite bis 23,5° nördlicher Breite (grüne Zone in Abb. 5B). Es wird jedoch angenommen, dass das Klima damals um einige Grad wärmer war als heute, sodass auch in Mitteleuropa Klimabedingungen herrschten, die mit jenen der Tropen vergleichbar sind. Das Gebiet verschob sich danach durch plattentektonische Bewegungen allmählich nordwärts bis in seine heutige Lage. Deshalb liegt Solothurn jetzt beinahe doppelt so weit vom Nordrand der Tropen entfernt wie vor 155 Mio. Jahren.

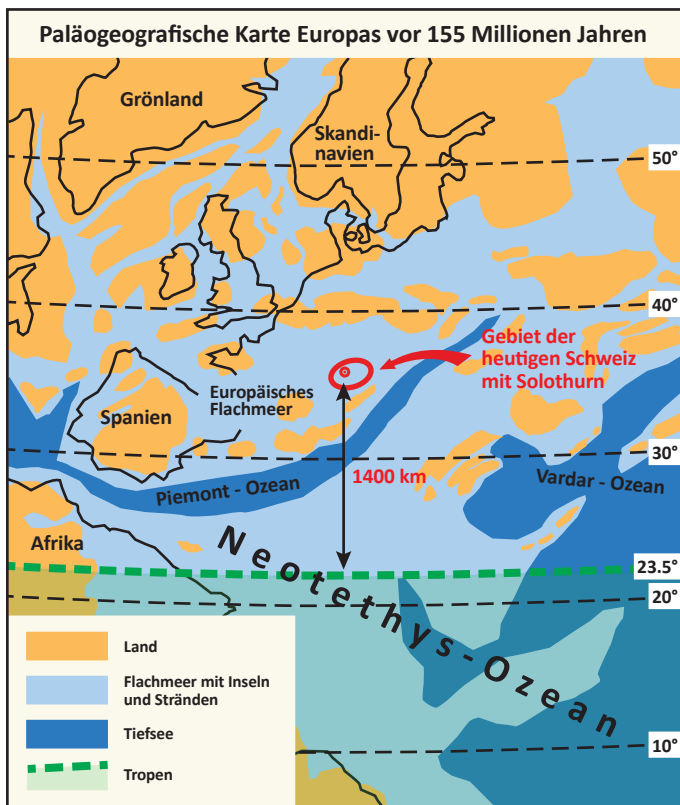


Abb. 5A: Auf der paläogeografischen Karte sind einige Küsten sehr alter Bestandteile Europas, die Nordküste Afrikas sowie Grönland angedeutet (schwarze Linien). Jene Gebiete, die später zu Italien, dem Balkan oder Griechenland werden, existierten vor 155 Mio. Jahren noch nicht.

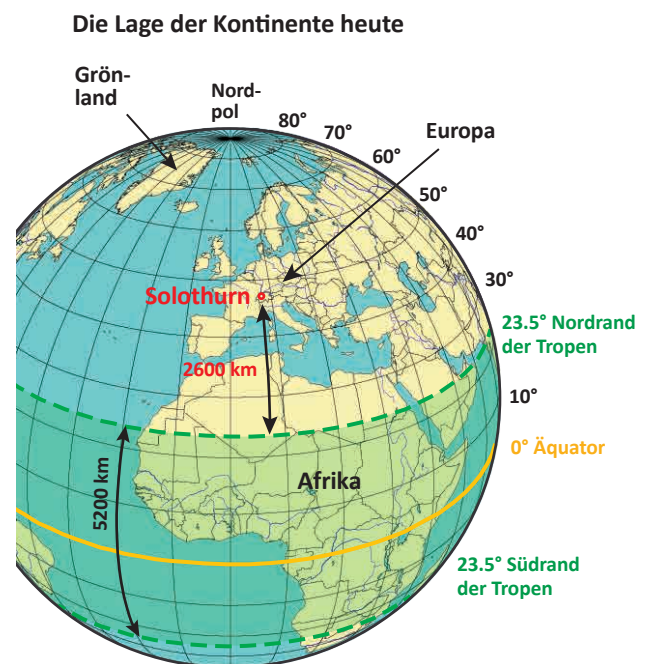


Abb. 5B: Die Tropen sind definiert als ein Gürtel mit einer Ausdehnung von ca. 5'200 km zwischen 23,5° südlicher Breite und 23,5° nördlicher Breite (grüne Zone).

Der Solothurner Kalkstein verrät jedoch noch mehr über den Ort seiner Entstehung. Insbesondere die Nerineen helfen, ein genaueres Bild davon zu zeichnen, wie und wo das Gestein entstand. Leider gibt es heute keine vergleichbaren lebenden Schnecken mehr, die direkte Hinweise darauf geben können, wie, wo und wovon Nerineen gelebt haben. Die Geologie muss deshalb Vergleiche mit anderen, heute lebenden Tieren und deren Lebensraum machen.

Da das Gehäuse der Nerineen das einzige ist, was heute noch von ihnen übrig ist, ist es auch die einzige Informationsquelle zu ihrem Leben. Zum Glück weist es zwei Besonderheiten auf: es ist sehr dickschalig und mit bis zu 20 cm Höhe oft auch sehr gross. Das Gehäuse der Nerineen war sehr stabil. Muscheln oder Schnecken mit dicken Schalen leben heute überall dort im Meer, wo die Brandung stark ist und wo die Gefahr besteht, dass sie durch Wellen herumgeschleudert werden. Das spricht dafür, dass die Nerineen im Brandungsbereich gelebt haben, vermutlich auf flachen Felsen. Auch Fressfeinde wie Seesterne, Meeresschildkröten oder Krabben konnten ihnen wenig anhaben, sodass sie vermutlich beinahe unverletzbar waren. Da sie in grosser Anzahl im Gestein vorkommen, gehen Fachleute davon aus, dass sehr viele Tiere gleichzeitig auf engem Raum lebten. Das schwere Gehäuse hat sie vermutlich daran gehindert, zur Nahrungssuche grosse Distanzen zurückzulegen.

Dies setzt voraus, dass ein grosses Angebot an Nahrung vorhanden war und dass verbrauchte Nahrung ständig ersetzt wurde. Vermutlich haben sich die Nerineen von Algen ernährt, aber auch von pflanzlichen Überresten, die von Bächen und Flüssen in grossen Mengen aus dem Landesinneren herbeigeschwemmt wurden. Dies passt gut zur Beobachtung, dass in den Solothurner Kalksteinen auch Spuren von pflanzenfressenden Dinosauriern gefunden wurden (Abb. 6). Wo es viele Pflanzen hat, gibt es genügend Regen und damit auch Bäche und Flüsse.



Abb. 6: Saurierspuren im Steinbruch von Lommiswil bei Solothurn

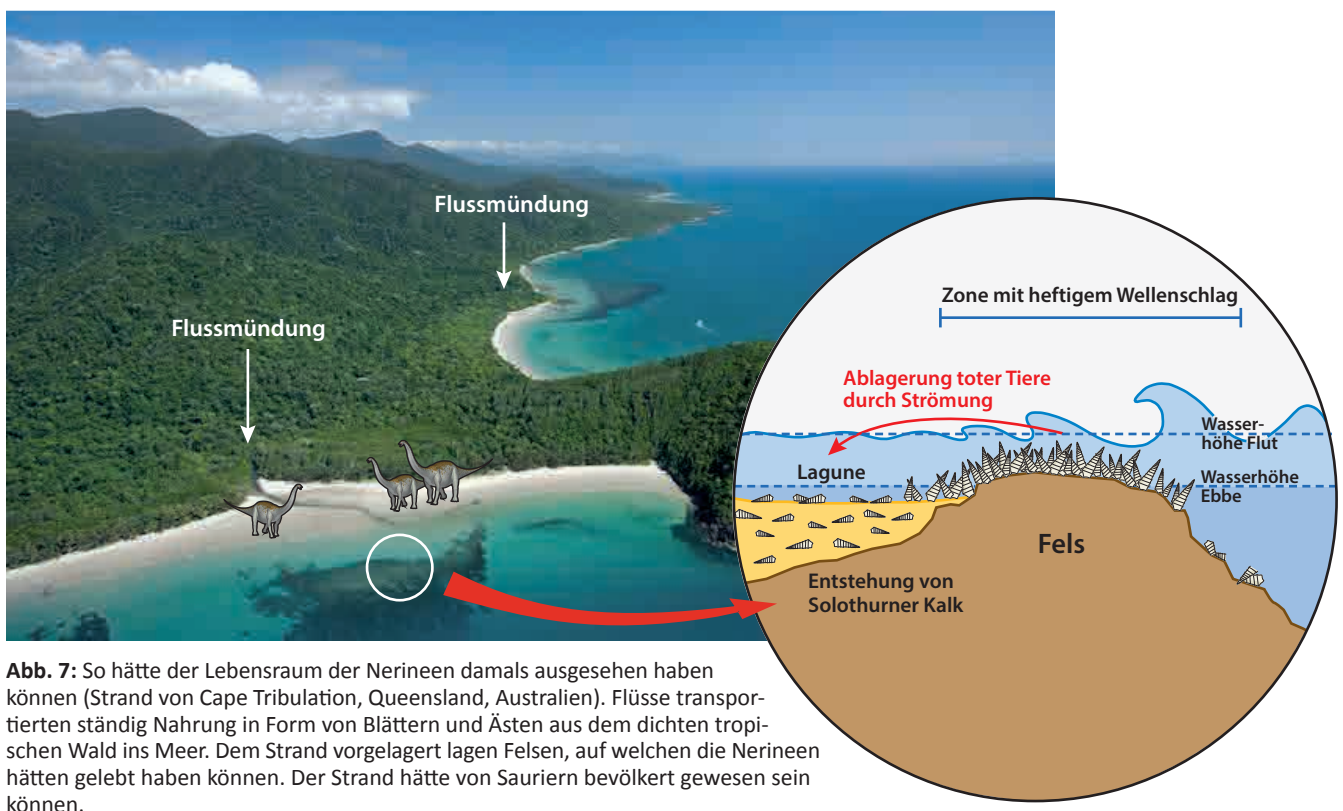


Abb. 7: So hätte der Lebensraum der Nerineen damals ausgesehen haben können (Strand von Cape Tribulation, Queensland, Australien). Flüsse transportierten ständig Nahrung in Form von Blättern und Ästen aus dem dichten tropischen Wald ins Meer. Dem Strand vorgelagert lagen Felsen, auf welchen die Nerineen hätten gelebt haben können. Der Strand hätte von Sauriern bevölkert gewesen sein können.



Abb. 8: Frisch angeschliffener Solothurner Kalkstein mit zahlreichen Nerineen

Damit deutet alles darauf hin, dass der Solothurner Kalkstein im Lagunenbereich eines flachen Strandes abgelagert wurde und dass in der Nähe Bäche oder Flüsse ins Meer mündeten. Die Nerineen lebten vermutlich auf Felsen, die einem Strand mit dichter tropischer Vegetation vorgelagert waren, ähnlich wie heute die Felsen am Cape Tribulation in Queensland in Australien (Abb. 7). Bei Ebbe ragten die Felsen knapp aus dem Wasser, bei Flut lagen sie unter Wasser. Auf der Seite des offenen Meeres waren die Felsen heftigem Wellenschlag ausgesetzt. Einzelne Tiere wurden dadurch in die dahinter liegende Lagune geschwemmt, wo sie allmählich von Ablagerungen zugedeckt wurden. Man könnte sich auch gut vorstellen, dass am Cape Tribulation noch heute Saurier am Strand entlang gehen und ihre Fussabdrücke hinterlassen.

- 1.** Sind die Nerineen im Solothurner Kalkstein als Steinkerne oder mit Schale erhalten?
- 2.** Woran erkennen Sie, dass die Nerineen ...
 - sich kaum über grosse Distanzen fortbewegten
 - kaum Fressfeinde hatten
 - in starker Brandung leben konnten?
- 3.** Im Fall des Solothurner Kalksteins: Worauf schauen Geolog/Innen, wenn sie dem Gestein seine Entstehungsgeschichte zu entlocken versuchen?
- 4.** Welche Geschichte erzählt der Solothurner Kalkstein?

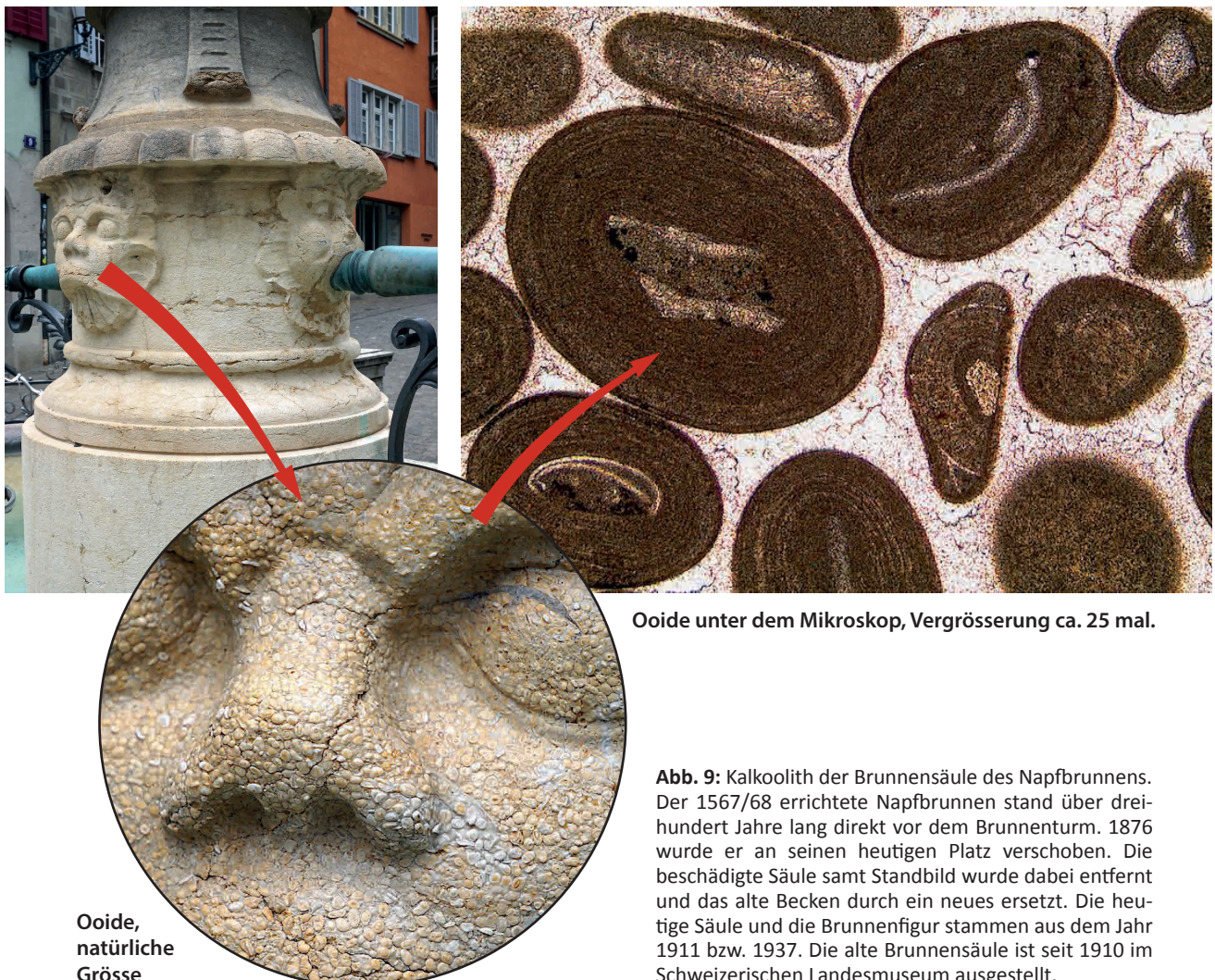
2. Laufener Kalkstein, der Eierstein

Die Brunnen säule besteht aus einem Kalkstein, der auf den ersten Blick völlig unscheinbar wirkt. Er hat keine grossen Fossilien wie der Solothurner Kalkstein mit seinen Nerineen und auch sonst keine auffälligen Merkmale. Bei genauerem Hinschauen fällt jedoch auf, dass das Gestein aus lauter kleinen Kügelchen von ca. 2 mm Durchmesser besteht (Abb. 9). Das Gestein stammt aus Laufen (BL) im Jura gebirge.

Die Kügelchen wurden lange Zeit für Fischeier gehalten, die in einem Meer abgelagert und danach versteinert worden seien. Fischeier heissen «Rogen», weshalb man Kalksteine, die aus solchen Kügelchen bestehen, schon im 16. Jahrhundert «Rogensteine» nannte. In gewissen Schichten des Jura gebirges findet man viele Meter dicke Ablagerungen dieser «Rogen». Dies macht es eher unwahrscheinlich, dass es sich um Fischeier handeln kann.

5. Finden Sie noch andere Gründe, weshalb die «Fischeiertheorie» unwahrscheinlich ist?

Obwohl man heute mit Sicherheit weiss, dass die Kügelchen keine versteinerten Fischeier sind, blieben die Geologen bei dieser Bezeichnung. In der Fachsprache werden sie **Ooide** genannt. Dies ist vom altgriechischen Wort «oon» für «Ei» abgeleitet, wobei jedes «O» einzeln ausgesprochen wird, also «O-o-id». Solche Gesteine aus Ooiden heissen entsprechend **Kalkoolithe**. «Lithos» ist im Altgriechischen der «Stein». Das Gestein heisst also übersetzt «Eierstein». Sind die Ooide grösser als ca. 3 mm, gleichen sie Erbsen. In



Ooide unter dem Mikroskop, Vergrösserung ca. 25 mal.

Ooide,
natürliche
Grösse

Abb. 9: Kalkoolith der Brunnen säule des Napfbrunnens. Der 1567/68 errichtete Napfbrunnen stand über dreihundert Jahre lang direkt vor dem Brunnenturm. 1876 wurde er an seinen heutigen Platz verschoben. Die beschädigte Säule samt Standbild wurde dabei entfernt und das alte Becken durch ein neues ersetzt. Die heutige Säule und die Brunnenfigur stammen aus dem Jahr 1911 bzw. 1937. Die alte Brunnen säule ist seit 1910 im Schweizerischen Landesmuseum ausgestellt.

der lateinischen Sprache ist eine Erbse ein «pisum», weshalb solche «Erbsesteine» dann **Pisolithe** heissen. Es war früher unter Wissenschaftlern üblich, sich durch möglichst komplizierte, aus alten Sprachen zusammengesetzte Wortkonstrukte vom «unwissenden Volk» abzugrenzen. Viele Begriffe, die heute in der Wissenschaft verwendet werden, sind Überbleibsel aus jener Zeit.



Welche Geschichten erzählt uns der Kalkoolith?

Unter dem Mikroskop zeigt sich, dass jedes Ooid einen Kern besitzt, der von Kalkschichten umgeben ist (Abb. 9, 10). Die Kerne sind kleine, gerundete Bruchstücke von Schalen, z. B. von Muscheln, kleine Stücke von Korallen oder kleine Sandkörner, meist aus dem Mineral Quarz, das wir bereits an Posten 1 kennen gelernt haben und das auch an weiteren Posten eine wichtige Rolle spielen wird.

Wie jedoch entstehen diese merkwürdigen Gebilde? Es gibt Orte, wo Ooide auch heute entstehen und wo beobachtet werden kann, wie deren Entstehung vor sich geht. Hauptsächlich sind dies die Inseln der Bahamas östlich von Florida in den USA und der Golf von Arabien (Abb. 11, 15 B). Beide Gebiete liegen um den 25. Breitengrad, und damit knapp ausserhalb der Tropen, in der subtropischen Zone. Die Wassertemperaturen des Meeres sind in diesen Regionen hoch. Im Sommer liegen sie bei über 30°C, im Winter nicht unter 23°C (zum Vergleich: die Durchschnittstemperaturen der Seen und Flüsse in der Schweiz liegen im Sommer bei knapp 20°C).

Insbesondere die Ooide auf den Bahamas wurden eingehend untersucht. Die Bedingungen für ihre Entstehung sind:

- hohe Wassertemperaturen
- von Wellen bewegtes Wasser in Strandnähe
- hoher Kalkgehalt des Wassers

Am Strand werden kantige Schalentrümmer toter Organismen wie Muscheln, Schnecken und Korallen (1 in Abb. 12) von den Wellen hin- und hergerollt. Dadurch erhalten sie ihre runde Form (2). Das ist leicht verständlich. Weniger klar ist bis heute, wieso Kalkschichten an die Schalentrümmer anwachsen (3). Möglicherweise reicht alleine schon der hohe Kalkgehalt, damit im warmen Wasser Kalkschichten um die Kerne herum auskristallisieren, ähnlich den (eher lästigen) Kalkschichten, die sich in Wasserkochern bilden. Wahrscheinlicher ist jedoch, dass die Anlagerung sogenannter **Biofilme** um die Kerne herum notwendig ist, damit die Kalkschichten

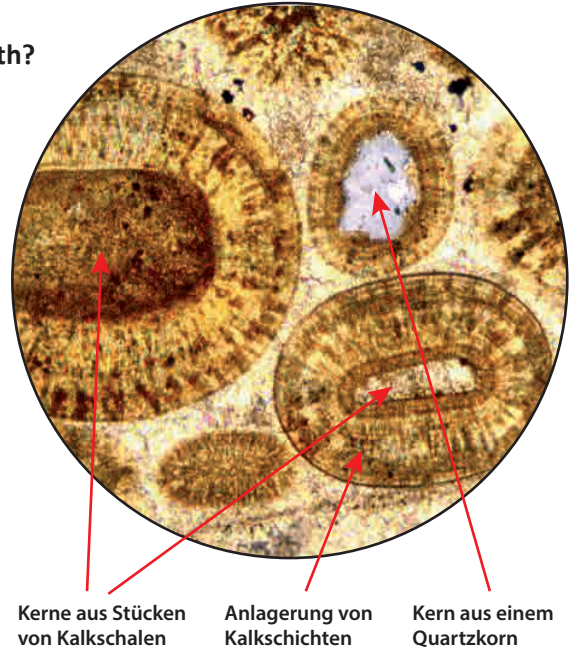


Abb. 10: Ooide unter dem Mikroskop, 20 mal vergrössert

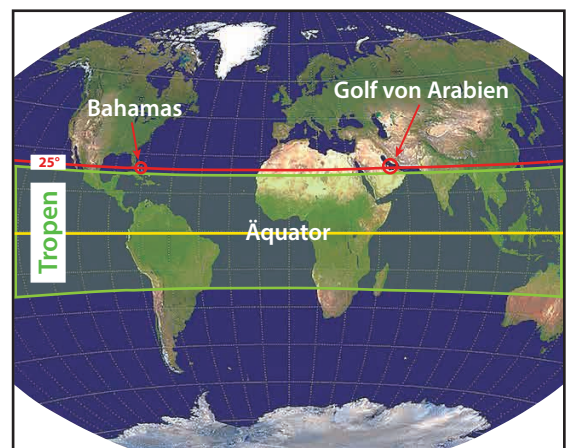


Abb. 11: Vorkommen von Ooiden

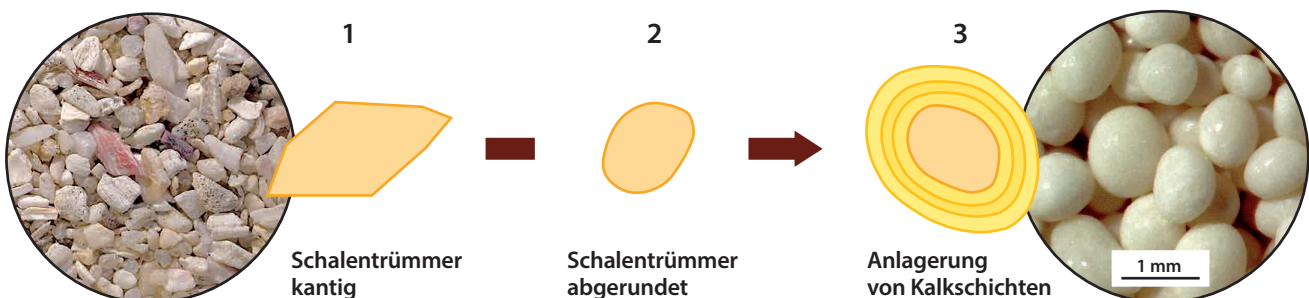


Abb. 12: Entstehung von Ooiden

entstehen können. Biofilme bestehen aus einzelligen Lebewesen wie z. B. Bakterien. Im Wasser leben unzählige Arten von Bakterien, die für Menschen und Tiere ungefährlich sind, die jedoch wichtige Aufgaben übernehmen wie z. B. die Zersetzung toter Tiere und Pflanzen.

Was am Strand liegt, wie z. B. Sand, Steine, Schalen von Tieren oder Holzstücke, wird von den Wellen bewegt (Abb. 13). Zuerst wird es den Strand hinauf gerollt und dann wieder ins Wasser zurück gezogen, und dies unzählige Male pro Tag. Dadurch werden die Sandkörner am Strand allmählich abgerundet. Selbst grössere Steine werden auf diese Weise mit der Zeit rund geschliffen. Die stete Bewegung durch das anbrandende und sich wieder zurückziehende Wasser sorgt auch dafür, dass die Ooide rund werden.

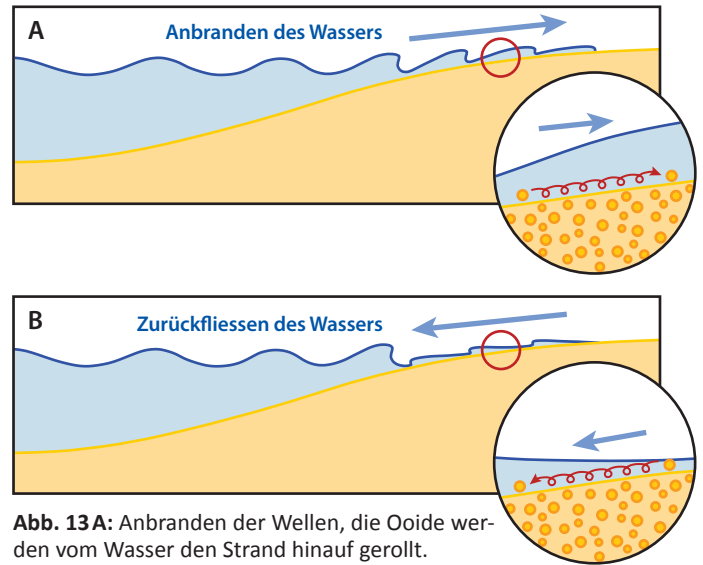


Abb. 13 A: Anbranden der Wellen, die Ooide werden vom Wasser den Strand hinauf gerollt.

Abb. 13 B: Zurückfließen des Wassers, die Ooide werden den Strand hinab gerollt.

- 6.** Wie viele Male pro Tag wird ein Ooid den Strand hinauf- und wieder hinunter gerollt, wenn alle 10 Sekunden eine Welle auf den Strand trifft?

Vor 157 Millionen Jahren, als die Oolithe des Laufener Kalksteins entstanden, müssen in der Region des heutigen Jura gebirges also teilweise Bedingungen geherrscht haben, die vergleichbar waren mit den heutigen Bahamas oder dem Golf von Arabien. Dort entstehen die Ooide an Stränden und auf sogenannten Sandbarren. Das sind langgezogene Rücken aus Sand, die bei Ebbe knapp aus dem Wasser ragen und bei Flut ebenso knapp unter der Wasseroberfläche versinken.

- 7.** Damals sah die Welt anders aus als heute (Abb. 14). Europa bestand aus vielen Inseln mit flachen Meeren dazwischen. Vergleichen Sie mit Abb. 11. Finden Sie weitere Unterschiede?

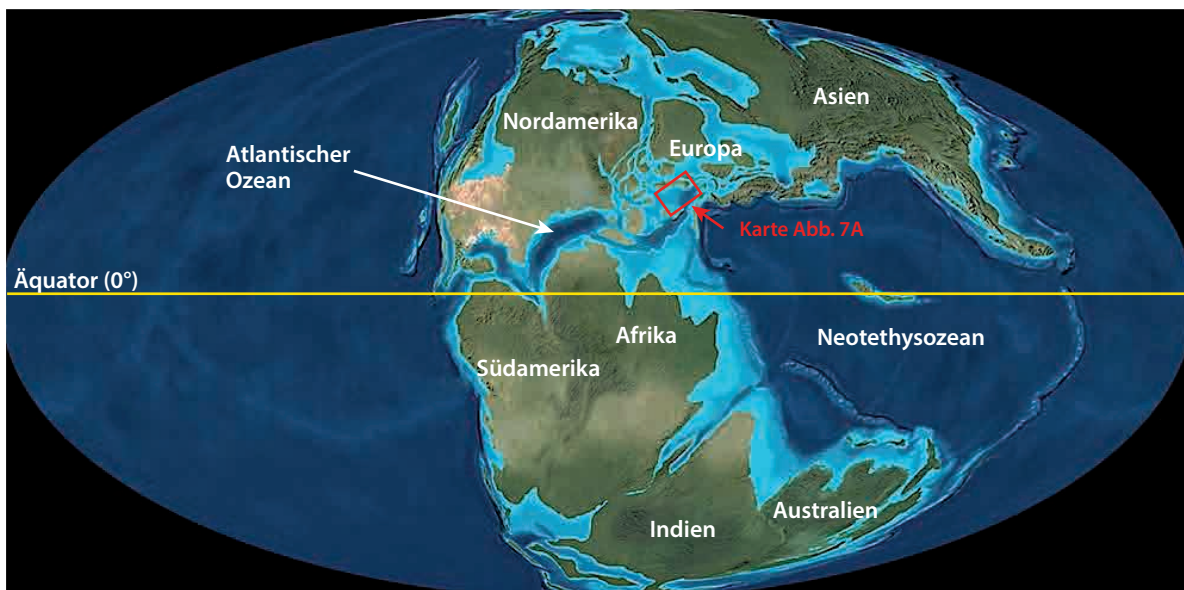


Abb. 14: Verteilung der Kontinente und Meere auf der Erde vor ca. 157 Millionen Jahren.

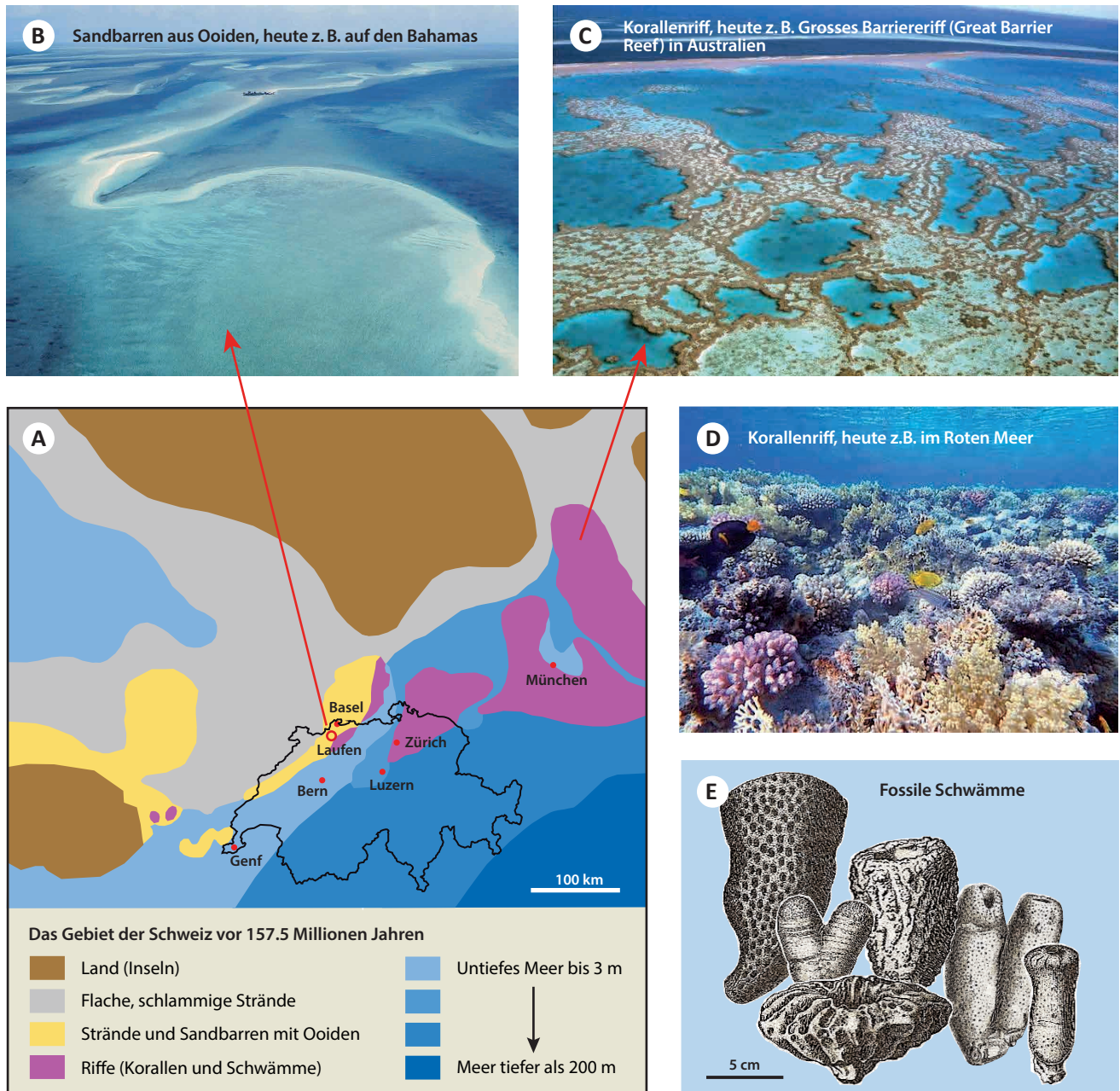


Abb. 7 A - E: Mitteleuropa vor 157 Millionen Jahren mit ausgedehnten Sandbarren, Korallen- und Schwammriffen

Vor 157 Millionen Jahren bestand das Gebiet des heutigen Europa aus einigen grossen Inseln und ausgedehnten, flachen Meeren (Abb. 15A). Neben den Sandbarren mit Ooiden (Abb. 15B), die sich von der Region Basel bis ins Gebiet des heutigen Frankreich erstreckten, existierten vor allem im Gebiet des heutigen Süddeutschland grosse Riffe. Diese bestanden entweder aus Korallen (Abb. 15C, D) oder aus Schwämmen (Abb. 15E, 16). Sowohl Korallen wie auch Schwämme sind Tiere, die am Meeresboden festgewachsen



Abb. 16 A - C: Heutige solitär (einzeln) lebende Schwämme: A: Röhrenschwamm (30 cm); B: Vasenschwamm (bis 1.8 m), C: Badeschwamm (20 cm).

sind. Grosse Korallenriffe, in welchen die Korallen dicht gedrängt nebeneinander wachsen, gibt es auch heute, z. B. das Grosse Barriereriff in Australien. Korallenriffe sind die grössten, von Organismen erbauten «Gebäude» unserer Zeit, von ihrem Volumen her grösser als alle Städte der Welt zusammen. Vergleichbare, grosse Riffe aus Schwämmen gibt es heute allerdings keine mehr. Die heutigen Schwämme leben meist einzeln verteilt (solitär) am Meeresboden (Abb. 16).

Wie wird aus den Ooiden ein Oolith?

Wie schon am Beispiel des Solothurner Kalksteins erläutert, werden auch die Ooide durch das Gewicht jeder neu abgelagerten Schicht immer stärker zusammengepresst (kompaktiert). In den Zwischenräumen zwischen den Ooiden wachsen Kristalle aus Karbonat, welche die Ooide zu einem festen Gestein verbinden. Bei Posten 3 ist dieser Vorgang anhand von Sandkörnern nochmals dargestellt.

8. Welche Geschichte erzählt der Kalkoolith aus Laufen?

9. Sie wissen jetzt sicher auch, weshalb sich die Geologinnen und Geologen sicher sind, dass es vor 157 Millionen Jahren im heutigen Europa Korallen- und Schwammriffe gab?

Ooide entstehen heute nur in Regionen, die sehr nahe bei den Tropen liegen. Die Ooide im Laufener Kalkstein sind jedoch auf einer geografischen Breite von ca. 35° entstanden (vgl. Solothurner Kalkstein, Abb. 5A). Das entspricht der heutigen Lage von Kreta und Zypern im Mittelmeer, wo es unter heutigen Klimabedingungen zu kühl wäre für die Entstehung von Ooiden. Das Klima muss demnach vor 157 Millionen Jahren in Teilen der Welt wesentlich wärmer gewesen sein.