

Beobachtungen an Achaten aus dem oberen Weißen Jura der Schwäbischen Alb

Von ULF THEWALT und GERDA DÖRFNER

ZUSAMMENFASSUNG

In den Sedimenten des oberen Weißen Jura der Schwäbischen Alb kommen Chalcedon und sedimentäre Achate vor. Die Bänderung zeigt sich in unterschiedlichen Grautönen und unterschiedlicher Durchsichtigkeit. Gebildet haben sich die Achate in Hohlräumen, die in Brachiopoden, Korallen, Feuersteinen und Skeletten von Kieselschwämmen sowie im Kalk vorgelegen hatten.

Schlüsselwörter: Chalcedon, Achat, Sphärolithe.

ABSTRACT

In the sediments of the Upper Jurassic of the Swabian Alb, chalcedony and sedimentary agates occur. The banding is indicated by varying shades of grey and varying transparency. The agates have formed in cavities that have existed in brachiopods, corals, flint stones and skeletons of siliceous sponges.

Key words: Chalcedony, agate, spherulites.

EINFÜHRUNG

Wenn von „Kieselsäure“ im Zusammenhang mit Weißem Jura die Rede ist, denkt man zunächst an verkieselte Fossilien und insbesondere an die hervorragend erhaltenen verkieselten Korallen der mittleren und östlichen Schwäbischen Alb. Dann vielleicht noch an Feuersteine, die in einigen Gegenden gehäuft auftreten. Kaum beachtet oder bekannt ist jedoch, dass in den Weißjurasedimenten der Schwäbischen Alb Achate vorkommen. Solche Achate sind weder farbig noch besonders groß. Die Bänderung ist nicht besonders ausgeprägt und oft kaum erkennbar. Hierher gehören wahrscheinlich „... die prachtvollsten smalteblauen Chalcedonkugeln“, die QUEENSTEDT (1858: 692) bei Oberstotzingen (Württemberg) angetroffen hat. Beispiele für Achat- bzw. Chalcedonabscheidungen lassen sich an mehreren Stellen in den Ablagerungen aus dem Weißen Jura zeta (Mergelstetten-Formation) des Großraums Ulm/Heidenheim finden. Bei den entsprechenden Sedimenten handelt es sich in erster Linie um Riffschutt mit relativ hohem SiO_2 -Gehalt, was sich jeweils in der Anwesenheit verkieselter Korallenreste und kieselig erhaltener Spicula von Kieselschwämmen widerspiegelt. Auch Feuersteine können unter Chalcedon/Achat-Aspekt interessant sein.

CHALCEDON

Chalcedon zeigt sich als nahezu klar-durchsichtiges bis weißlich-trübes SiO_2 -Material, das Hohlräume im Gestein ausfüllt, mehr oder weniger gebändert ist und dessen Oberfläche bzw. Wachstumsfront ein warzig erscheinendes Aussehen besitzt. Verwitterungseinflüsse führen dazu, dass das Material blütenweiß-undurchsichtig wird.

Die Bildung von Chalcedon beginnt offenbar damit, dass von einem Kristallisationskeim ausgehend radial angeordnete Phänofasern entstehen. Die Gesamtheit der Phänofasern, die von einem Startpunkt aus gewachsen sind, bildet einen Sphärolith (Abb. 1, 2). Genauer: Im Allgemeinen handelt es sich um halbe Sphärolithe, die der Wand der Kristallisationskammer oder vorausgegangenen, bereits fest gewordenen SiO_2 -Abscheidungen aufsitzen. Die Sphärolithe lassen einen Aufbau aus unterschiedlich trüben Schalen erkennen. Dies hängt wahrscheinlich mit zeitlich variierender Zusammensetzung der umgebenden wässrigen Lösung während ihres Wachsens zusammen. Bei vorsichtigem Ätzen mit verdünnter Flusssäure zeigt sich, dass die einzelnen Kugelschalen unterschiedlich resistent sind (Abb. 3, 4). Dabei wird auch der Aufbau aus Phänofasern gut sichtbar (Abb. 5).

Gelegentlich findet man weißlich-trübe Halbsphärolithe, die den Eindruck machen, als hätten sie sich in einem frühen Bildungsstadium von ihrer Unterlage abgelöst und würden nun in der verfestigten SiO_2 -Grundmasse schweben (Abb. 6). Eine nähere Inspektion zeigt allerdings, dass die weißlichen Gebilde auf bereits vorhandenen Chalcedonlagen gewachsen sind. Wenn diese, sowie die später abgeschiedenen Chalcedonlagen, nahezu farblos-durchsichtig sind, kommt der Eindruck kleiner schwebender weißer Sphärolithe zustande.

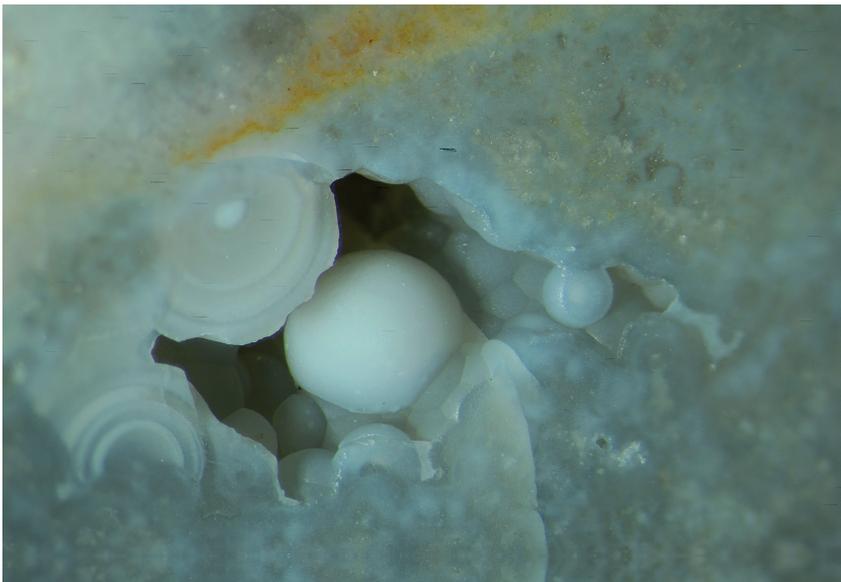


Abb. 1: Chalcedonsphärolithe, teils unbeschädigt, teils durchgesägt. Die Sphärolithe sind auf der Wand eines Hohlraums in einem massiv verkieselten Kieselchwamm (*Cylindophyma milleporata*) gewachsen. Herkunft: Acker im SO von Gussenstadt (nahe Heidenheim). Bildbreite 9 mm.

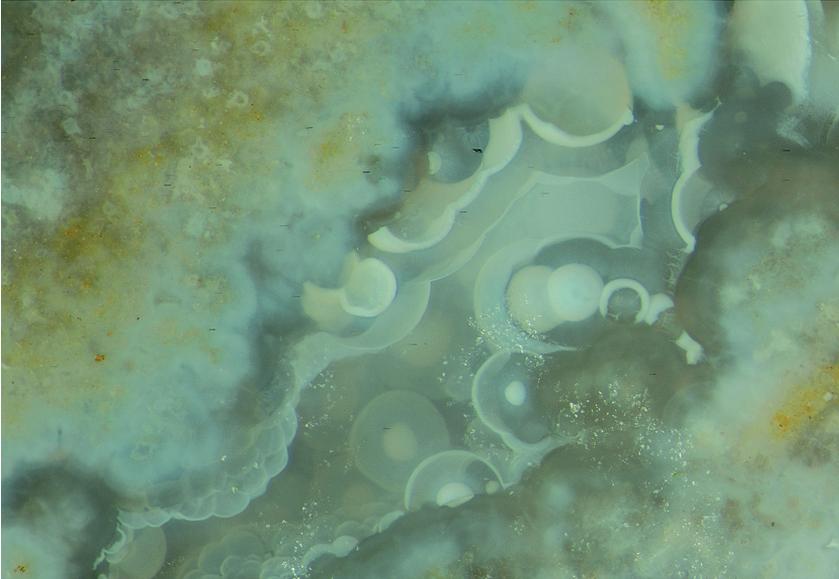


Abb. 2: Andere Stelle des Handstücks von Abb. 1. An dieser Stelle ist die SiO_2 - bzw. Chalcedonabscheidung weitergelaufen. Der ehemalige Hohlraum ist völlig mit Chalcedon gefüllt. Aus den Achatsphärolithen ist ein – wenn auch nur kleiner – Achat geworden. Bildbreite 7 mm.

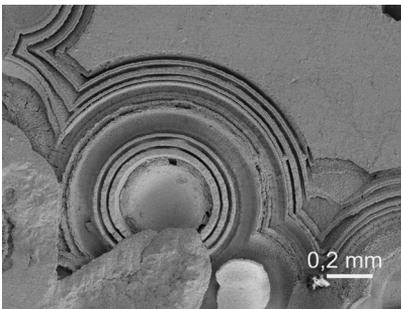


Abb. 3: Aufgesägter Chalcedonsphärolith. Verdünnte Flusssäure hat die einzelnen Schalen unterschiedlich stark angegriffen. Herkunft: Oberste Sohle des Steinbruchs bei Gerhausen.

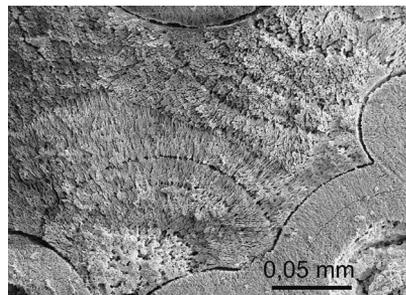


Abb. 4: Durch vorsichtiges Ätzen mit verdünnter Flusssäure ist der Bau der Chalcedonsphärolithe aus Phänofasern sichtbar geworden. Material und Herkunft wie bei Abb. 3.

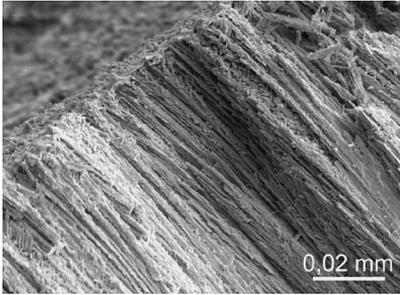


Abb. 5: Das in Abb. 4 gezeigte Material bei stärkerer Vergrößerung.



Abb. 6: Mikroachat in einem (ehemaligen) Hohlraum innerhalb eines Feuersteins. Chalcedon-Halbsphärolithe scheinen in klarer SiO₂-Matrix zu schwimmen. Der Zentralbereich ist mit relativ großen, aneinanderstoßenden Quarzkristallen gefüllt. Herkunft: Oberste Sohle des Steinbruchs der Fa. Schön & Hippelein bei Schnaitheim. Bildbreite 12 mm.

Anmerkungen:

(1) Bezüglich des Begriffs Phänofaser, der Entstehung der Sphärolithe, der beteiligten SiO₂-Phasen und des Aufbaus aus winzigen Quarzkriställchen sei auf die Arbeiten von LANDMESSER (1984, 1988) hingewiesen.

(2) Die Sedimente, aus denen die meisten hier vorgestellten Objekte stammen (oberste Sohle des Steinbruchs bei Gerhausen, Fa. Eduard Merkle), gehören zum Weißen Jura zeta 2 (KOCH & SENOWBARI 1999).

ACHAT

Wie im üblichen Sprachgebrauch beruht auch hier die Unterscheidung von Achat und Chalcedon auf dem visuellen Eindruck: Beim Achat fällt vor allem die Bänderung, beim als Chalcedon bezeichneten Material die warzige Oberfläche ins Auge.

Die Achatbänder stellen die Fortentwicklung der Schalen der Chalcedon-sphärolithe dar, indem sich eine gemeinsame Wachstumsfront für die SiO₂-Abscheidung ausbildet (vgl. Abb. 7).

Im Zusammenhang mit der Besprechung von SiO₂-Formen, die bei der Verkieselung von Korallen der Schwäbischen Alb eine Rolle spielen, konstatieren NAGEL & LAUXMANN (1990: 630), dass in Hohlräumen von Korallen vorkommender Chalcedon eine „achatartige gebänderte“ Ausbildung aufweisen kann. Die Bänderung wird auf „unterschiedliche Limonitgehalte“ zurückgeführt. Letzteres trifft sicherlich im Allgemeinen nicht zu, da Brauntöne (charakteristisch für Fe(III)-Oxidspesies) nur sehr selten vorkommen. An der großen Mehrheit der hiesigen Achate treten nur Grautöne auf. Unterschiedliche Grautöne der einzelnen Bänder korre-

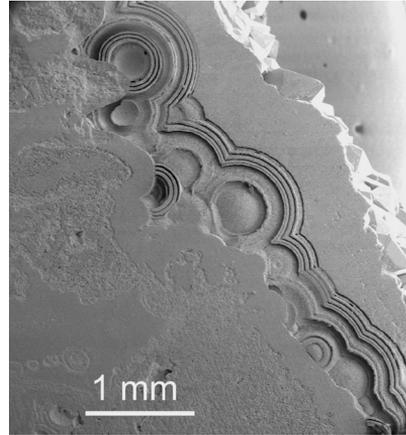


Abb. 7: Beim Wachsen der Chalcedonsphärolithe entstehen die Lagen des gebänderten Achats. Material, Präparation und Herkunft wie bei Abb. 3.

lieren mit ihrer Korrosionsresistenz: Beim Behandeln mit verdünnter Flusssäure lösen sich die hell erscheinenden Lagen schneller als die relativ dunkel erscheinenden. Dies hängt offenbar mit unterschiedlichen Größen und unterschiedlich dichten Packungen der Kristallite zusammen. Die Technik, geschliffene Achate mit Flusssäure anzuätzen, wurde von dem österreichischen Mineralogen LEYDOLT (1851) entwickelt. Ihm ging es darum, Druckvorlagen der filigranen Achatmuster für das „Naturselbstdruck“-Verfahren zu erzeugen.

ÜBERBLICK ÜBER DIE HIESIGEN CHALCEDON- UND ACHATBILDUNGEN

Nachfolgend wird ein Überblick über die hiesigen Chalcedon- und Achatbildungen gegeben.

(1) Achate in abgeschlossenen, von Brachiopodenschalen gebildeten Hohlräumen. Entsprechende achatisierte Terebrateln lassen sich gelegentlich im obersten Bereich des Steinbruchs bei Kirchen, nahe Ehingen und im südlichen Steinbruch im Schammatal bei Blaustein antreffen. Die Terebrateln sind jeweils in Feuersteinen eingebettet. Die Achatbänderung ist nur schwach ausgebildet. Bei geeigneter Beleuchtung ist sie aber gut erkennbar (Abb. 8, 9). Dass vielerlei Minerale in Hohlräumen kristallisieren können, die von Brachiopodenschalen gebildet werden, ist bekannt. Die Schalen halten auch nach dem Tod der Tiere zusammen und stellen Kristallisationskammern dar, in die die Materialzufuhr durch Diffusion erfolgt (THEWALT & DÖRFNER 2013).

(2) Achate innerhalb einzelner Korallenskelette. Mit den Prozessen, die bei der Verkieselung von Korallen aus dem Württembergischen Weißjura abgelaufen sind und den Endprodukten befasst sich eine Arbeit von NAGEL & LAUXMANN (1990). Dort wird gezeigt, dass neben Chalcedon im engeren Sinn auch Quarzin eine Rolle spielt (Quarzin: Faserartiges SiO_2 ; andere Orientierung der aufbauenden Quarzkriställchen bezüglich der Faserachse als beim Chalcedon). Der Grund für die Verkieselung von Korallen ist letztlich die thermodynamische Instabilität von Aragonit gegenüber Kalzit (unter Normalbedingungen). Verkieselte Korallen



Abb. 8: Eine komplett mit Achat gefüllte Terebratel. Diese ist in einem Feuerstein eingeschlossen. Herkunft: Steinbruch der Fa. Schotterwerk Kirchen, nahe Ehingen. Bildbreite 32 mm.



Abb. 9: Eine teilweise mit Achat gefüllte Terebratel, eingeschlossen in einem Feuerstein, aus dem aufgelassenen Steinbruch im Schammental bei Ulm (Fa. Märker-Kalk). Der untere Hohlraumbereich ist mit eingedrunenem, feinem Sediment gefüllt. Bildbreite 12 mm.

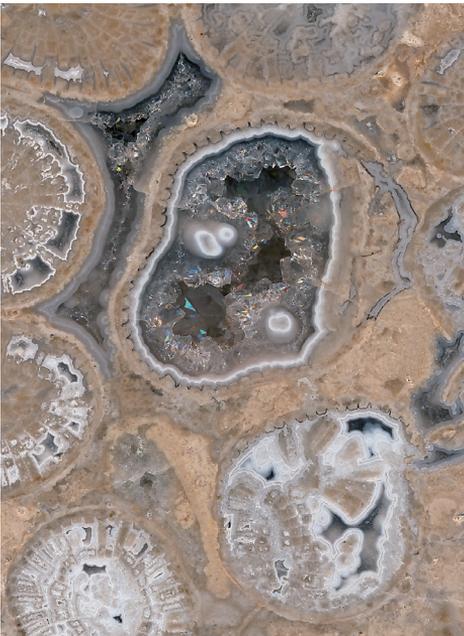


Abb. 10: Trotz enger Nachbarschaft sind die einzelnen Korallenskelette hier in sehr unterschiedlichem Ausmaß verkieselt. SiO_2 zeigt sich in Grau und Weiß, Kalk in Hellbraun. Bei der zentralen Koralle ist der Bereich der ehemaligen Septen durch Megaquarz ersetzt, ummantelt mit einer dünnen Achatlage. Innerhalb der anderen Korallen und zwischen ihnen kommen Mikroachate vor. Herkunft: Oberste Sohle des Steinbruchs bei Gerhausen. Bildbreite 27 mm.

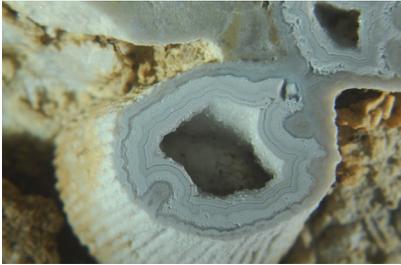


Abb. 11: Durch natürliche Kalkauflösung im Boden freigelegte Koralle. Die Achatlagen sind ankorrodiert, aber noch gut erkennbar. Herkunft: Aus dem abgetragenen Waldboden oberhalb des Steinbruchs bei Gerhausen. Bildbreite 26 mm.

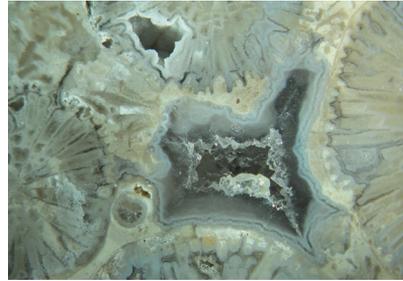


Abb. 12: Mit Chalcedon und Megacrysten gefüllter Bereich zwischen partiell verkieselten benachbarten Korallenskeletten. Herkunft: Oberste Sohle des Steinbruchs bei Gerhausen. Bildbreite 22 mm.

kann man in den Riffschuttsedimenten an vielen Stellen der Mittleren und der Ost-Alb finden, beispielsweise an den bekannten Fundpunkten bei Nattheim, Gerhausen, Gerstetten und Gussenstadt. Die vorkommenden Chalcedon- und Achatbildungen sind unscheinbar (Abb. 10, 11). Auch Bereiche zwischen benachbarten Korallenästen können durch kleine Achate plombiert sein (Abb. 12).

(3) Achate in Hohlräumen, die von der Gesamtheit der Korallen eines Korallenstocks gebildet werden. Hierher gehören wahrscheinlich die in der Einführung erwähnten „Chalcedonkugeln“ (QUENSTEDT 1858: 692). Wir haben Beispiele hierzu im obersten Bereich des Steinbruchs bei Gerhausen gefunden (Abb. 13 bis 15). Die Durchmesser der Hohlräume liegen im Bereich mehrerer Zentimeter. Die entsprechenden Hohlraumwände sind meist mit einer Achatschicht bedeckt, auf die eine Kruste wasserklarer Quarzkristalle folgt. Zusätzliche Überkrustung mit Kalzitkristallen ist nicht selten. Es ist nicht ersichtlich, wie die Hohlräume entstanden sind. Vielleicht im Zusammenhang mit der Entwicklung von Verwesungsgasen in einer frühen Phase der Diagenese?

Abb. 13: Die einzelnen Korallen eines Korallenstocks sind hier so angeordnet, dass ein in erster Näherung kugelförmiger Hohlraum entstand. Die Korallen sind mit einer dünnen Schicht Chalcedon überkrustet. Darauf folgen Quarzkristalle (Größe im mm-Bereich) und dann noch Kalzit. Herkunft: Oberste Sohle des Steinbruchs bei Gerhausen. Größter Durchmesser des Hohlraums 14 cm.





Abb. 14: Auch hier lag ein Hohlraum innerhalb eines Korallenstocks vor. Die Achatbildung ist weiter fortgeschritten als beim Korallenstock von Abb.13. Zusätzlich sind größere Bereiche des umgebenden ehemaligen Carbonatschlammes verkieselt. Herkunft: Oberste Sohle des Steinbruchs bei Gerhausen. Bildbreite 18 cm.

Abb. 15: Details des Steins von Abb. 14. Bildbreite 2,8 cm.

(4) Achate in Hohlräumen von Feuersteinen. Gelegentlich kommen in Feuersteinen von der Schwäbischen Alb Bereiche vor, die aus Chalcedon/Achat be-



Abb. 16: Achate, die sich in ehemaligen Hohlräumen in einem Feuerstein gebildet haben. Die Gelbtöne des oberen Achats sind wahrscheinlich bei der Oxidation von Fe^{2+} -Ionen entstanden, die in eingedrungenen Lösungen enthalten waren. Herkunft: Oberste Sohle des Steinbruchs der Fa. Schön & Hippelein bei Schnaitheim. Bildbreite 13 mm.



Abb. 17: Aufgesägter Feuerstein mit eingeschlossenem Skelett eines lithistiden Kieselchwammes. Die bläulichen Bereiche im Skelett sind zum Teil Mikroachate. Herkunft: Oberste Sohle des Steinbruchs der Fa. Schön & Hippelein bei Schnaitheim. Breite des Steins 10,9 cm.

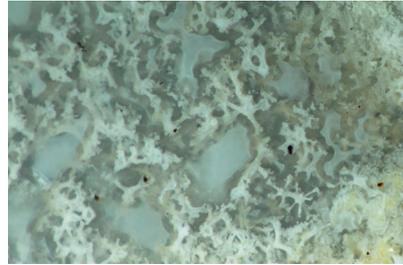


Abb. 18: Anschliff einer Kieselknolle mit eingeschlossenem Skelett eines Kieselchwammes (*Cylindrophyma milleporata*). An mehreren Stellen haben sich Mikroachate gebildet. Rechts unten ist ein Didymoklon (für *Cylindrophyma* typisches Skelettelement) zu erkennen. Herkunft: Oberste Sohle des Steinbruchs bei Gerhausen. Bildbreite 4 mm.

stehen (Abb. 16). Die entsprechenden ehemaligen Hohlräume rühren möglicherweise von verwesten oder aufgelösten Resten von Organismen her. Ob sich die Füllungen während oder nach der Feuersteinentstehung gebildet haben, ist unklar. Farbige und deutlich größere Achate als die hier gefundenen, treten in Feuersteinen aus dem Keuper aus der Gegend um Rot am See (Hohenlohe) auf (vgl. Abb. in SCHÜSSLER et al. (2000)). Als spezielle Fälle von Achaten in Feuersteinen lassen sich die unter (1) und (5) aufgeführten auffassen. Häufiger als Feuersteine mit Chalcedon-Füllungen kommen Feuersteine vor, bei denen die Hohlraumwände mit Quarzkristallen überkrustet sind. Mit den Feuersteinen der Schwäbischen Alb beschäftigt sich BEURER (1971). Gefüllte oder leere Hohlräume in Kieselknollen werden nicht erwähnt.

(5) Achate in begrenzten Bezirken innerhalb eingekieselter Skelette von Kieselchwämmen. Feuersteine der Schwäbischen Alb schließen häufig gut erhaltene Skelette von Kieselchwämmen ein (Abb. 17). Man hat geradezu den Eindruck, als hätten Schwammskelette die Entstehung von Feuersteinen initiiert (THEWALT & DÖRFNER 2011). Dabei ist bemerkenswert, dass im Bereich der eingekieselten Schwammskelette kleinvolumige Bereiche mit Achatstrukturen vorkommen (Abb. 2, 17, 18). Dies bedeutet, dass lösungsgefüllte Hohlräume existiert hatten und dass die in ihnen ehemals vorhandenen Skeletteile sich aufgelöst hatten, bevor die Hohlraumauskleidung mit Chalcedon (oder einem Vorläufermaterial) ablief.

(6) Achate in carbonatischer Umgebung. Im fest gewordenen Riffschutt, aus dem die oben aufgeführten Objekte stammen, trifft man auch auf Chalcedon/Achat-Bildungen, bei denen die SiO_2 -Abscheidung offensichtlich auf einer Kalk-



Abb. 19: In Kalk-Umgebung entstandener Achat. Herkunft: Oberste Sohle des Steinbruchs bei Gerhausen. Bildbreite 25 mm.



Abb 20: Diese Achate sind in partiell verkieseltem Kalksediment entstanden. Herkunft: Oberste Sohle des Steinbruchs bei Gerhausen. Bildbreite 57 mm.

unterlage begonnen hat (Abb. 19, 20). In welchem Ausmaß die Unterlage bereits verfestigt war, lässt sich nicht erkennen. Nicht ersichtlich ist auch, wodurch die Hohlräume im Sediment entstanden waren. Eventuell durch Verwesungsgase?

BEMERKUNGEN BEZÜGLICH DER ENTSTEHUNG DES CHALCEDONS UND ACHATS

Damit sich Chalcedon bzw. Achat abscheiden konnten, mussten mehrere Voraussetzungen erfüllt sein.

(1) Es mussten Hohlräume existieren, auf deren Wänden die Abscheidung/Kristallisation beginnen und ablaufen konnte.

(2) Die Hohlräume mussten mit geeigneter wässriger Lösung gefüllt sein. Unter geeignet ist zu verstehen, dass die Konzentration an H_4SiO_4 die Löslichkeit der kristallisierenden SiO_2 -Phase überstieg.

(3) Es musste mehr oder weniger kontinuierlich über längere Zeit hin Kieselsäure, H_4SiO_4 , geliefert werden. Kieselsäure war in den Sedimenten des oberen Weißen Jura verfügbar. Davon zeugen die großen Mengen verkieselter, ehemals carbonatischer Organismenreste in Gebieten mit Riffschutt. Eine zentrale Rolle spielte der biogene Opal der Skelettelemente von abgestorbenen Kieselchwämmen. Solcher Opal ist relativ gut löslich (verglichen mit den kristallinen SiO_2 -Formen; vgl. FÜCHTBAUER 1988: 503). Beim Auflösen entsteht molekulare Kieselsäure, die via Diffusion im (wahrscheinlich noch nicht verfestigten) carbonatischen Sediment wandern kann. Verkieselungsprozesse, ähnlich den hier beschriebenen, dürften auch bei der Bildung der bekannten verkieselten Korallen von der Tampa-Bucht, Florida, eine Rolle gespielt haben (Tampa-Formation, spätes Oligozän) (LUND 1960).

Man kann davon ausgehen, dass die hiesigen Achate bei Raumtemperatur oder nur wenig erhöhter Temperatur entstanden sind, denn die Sedimente des oberen Weißen Jura waren nicht von größeren Mengen später abgelagerter Sedimente

bedeckt. Sedimentäre Achate, die wie die hiesigen aus dem Oberjura stammen, kommen in der Umgebung von Rudice im Mährischen Karst vor. Die dortigen Exemplare sind allerdings knollig und in einem sehr salzreichen Milieu entstanden (PETRANEK 2009).

DANK

Wir danken Herrn DR. GÜNTHER MERKLE für die Erlaubnis, im Steinbruch bei Gerhausen Material sammeln zu dürfen, Herrn GERHARD SCHENK für die Anfertigung der Photos zu Abb. 14 und 15 sowie Herrn Prof. DR. PAUL WALTHER, Leiter des Bereiches Elektronenmikroskopie an der Universität Ulm, für die Bereitstellung eines Rasterelektronenmikroskops.

LITERATUR

- BEURER, M. (1971): Kieselsäureanreicherungen in den oberjurassischen Sedimenten der Schwäbischen Alb. – Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, Heft 109, 69 S.; Hannover.
- FÜCHTBAUER, H. (1988): Sedimente und Sedimentgesteine, 4. Aufl., 1141 S. – Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- KOCH, R. & B. SENOWBARI-DARYAN (2000): Die fazielle Entwicklung im Steinbruch Blaubeuern/Altental („Michelreibershalde“; Mittlere Schwäbische Alb, Blautal). Karbonatfazies des Malm epsilon und Riff-Rutschblöcke des Malm zeta 2. – Jahresberichte und Mitteilungen des oberrheinischen geologischen Vereins, Neue Folge 82: 439–467.
- LANDMESSER, M. (1984): Das Problem der Achatgenese. – Mitteilungen der Pollichia 72: 5–137.
- LANDMESSER, M. (1988): Bau und Bildung der Achate. – Lapis 9/1988: 11–28.
- LEYDOLT, F. (1851): Eine neue Methode, die Achate und andere quarzhaltige Mineralien naturgetreu darzustellen. – Jahrbuch der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt Wien, 2: 124–132 und Tafeln I bis VI.
- LUND, H. (1960): Chalcedony and Quartz Crystals in silicified Coral. – American Mineralogist 45: 1304–1307.
- NAGEL, R. & U. LAUXMANN (1990): Zur Verkieselung der oberjurassischen Korallen von Württemberg. – Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte, 10: 622–638.
- PETRANEK, J. (2009): Sedimentäre Achate. – Der Aufschluss 60: 291–302.
- QUENSTEDT, F. A. (1858): Der Jura, Band 1, Textband, 842 S. – Tübingen (Laupp). Nachdruck im Goldschneck-Verlag (1995).
- SCHÜSSLER, H., SIMON, T. & M. WARTH (2000): Entstehung, Schönheit und Rätsel Hohenloher Feuersteine. – 2. Aufl., 175 S.; Bergatreute (Verlag und Offsetdruck Eppe GmbH).
- THEWALT, U. & G. DÖRFNER (2011): Kieselschwämme in Feuersteinen: Beobachtungen an Kieselknollen aus dem Weißen Jura der Schwäbischen Alb. – Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg 167: 213–226.
- THEWALT, U. & G. DÖRFNER (2013): Minerale in Hohlräumen von Terebrateln des süd-deutschen Jura. – Der Aufschluss 64: 282–293

Anschriften der Autoren:

DR. ULF THEWALT
Geislinger Weg 16
89547 Gerstetten
Email: ulf.thewalt@gmail.com

Dipl.-Ing. (FH) GERDA DÖRFNER
Geislinger Weg 16,
89547 Gerstetten
Email: gerda.doerfner@gmail.com