

## Kieselschwämme in Feuersteinen: Beobachtungen an Kieselknollen aus dem Weißen Jura der Schwäbischen Alb

Von ULF THEWALT und GERDA DÖRFNER, Gerstetten

### ZUSAMMENFASSUNG

Im Zentrum von Feuersteinen aus Weißjurasedimenten des Großraums Ulm/Heidenheim kommen häufig Skelette von Kieselschwämmen vor. Daraus ist zu schließen, dass die Schwämme bzw. ihre Skelette die Feuersteinbildung initiiert haben. Beispiele solcher Feuersteine und wahrscheinlicher Vorstufen werden vorgestellt. Der denkbare Mechanismus ihrer Bildung wird diskutiert.

**Schlüsselwörter:** Feuersteine, Kieselschwämme, Schwäbische Alb, Fossilisation.

### ABSTRACT

Chert nodules from upper jurassic sediments of the area of Ulm and Heidenheim, South Germany, frequently contain skeletons of siliceous sponges in their central regions. From this it follows that the sponges or their skeletons initiated the chert nodule formation. Examples of such nodules and their precursors are presented. The chemistry of their formation is discussed.

**Keywords:** chert nodules, siliceous sponges, Swabian alb, fossilization.

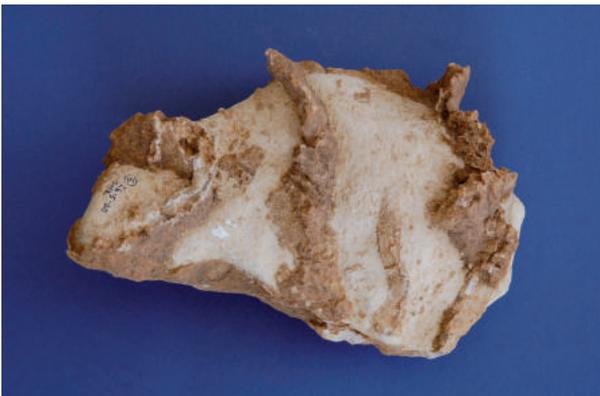
### 1. EINFÜHRUNG

Reste von Kieselschwämmen aus dem Weißen Jura trifft man an vielen Stellen der Schwäbischen Alb an. Je nach Schwammtyp ist die Erhaltung der Schwämme unterschiedlich. Bei Schwämmen mit einem dreidimensionalen Skelett, den hexactinelliden Schwämmen, liegt im Allgemeinen eine ganzkörperliche Erhaltung vor (Abb. 1). Auch lithistide Schwämme (Steinschwämme) sind häufig ganzkörperlich versteinert (Abb. 2 und 3). Bei letzteren sind die Skelettnadeln miteinander verhakt, aber nicht durch  $\text{SiO}_2$  „verschweißt“. Schwämme, die ausschließlich isolierte Skelettnadeln enthielten, sind nur in Ausnahmefällen ganzkörperlich erhalten. Im Allgemeinen findet man nur ihre nach dem Tode frei gewordenen und im Sediment verstreuten Nadeln. Bei den in Abb. 1 bis 3 gezeigten Schwammfossilien sind die Skelettelemente kieselig erhalten. Wesentlich häufiger wurde bei der Fossilisation das  $\text{SiO}_2$  durch Kalzit ersetzt. Die Schwämme sind dann oft nur noch schemenhaft erkennbar (Abb. 4).

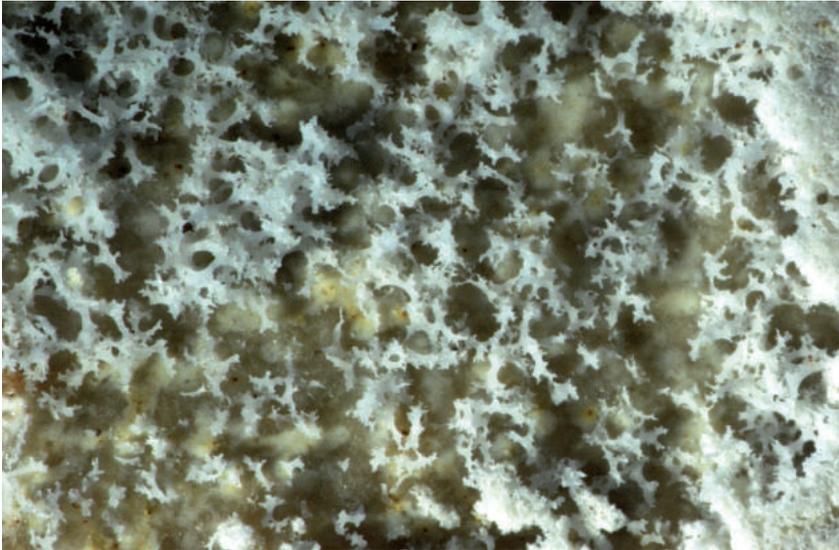
In diesem Aufsatz beschreiben wir eine besondere Art von Schwammfossilien: Feuersteine, in denen Schwammenskelette eingeschlossen sind. Die Skelette befinden sich in der Regel im zentralen Bereich der Knollen. Die Fundstücke erwecken geradezu die Vorstellung, dass die Schwammreste die Bildung der Kieselknollen initiiert haben. Solche Kieselknollen spielen auch eine Rolle in der Dissertation von BEURER (1971) über die diversen  $\text{SiO}_2$ -Abscheidungen im Kalk der Schwäbischen Alb. Über das Wie und Warum der Bildung von Kieselknollen mit Schwammgerüsten wurde unseres Wissens bisher nichts publiziert.



**Abb. 1.** Aus Kalk mit verdünnter Salzsäure herauspräpariertes Skelett eines röhrenförmigen hexactinelliden Kieselschwamms. Das Skelett besteht (jetzt) aus feinkristallinem Quarz. Fundort: aufgelassener Steinbruch im Schammmental bei Blaustein. Skelettdurchmesser 2,6 cm.



**Abb. 2.** Einkieselte lithistide Kieselschwämme (*Platychonia schlotheimi*), die durch natürliche Korrosion ( $\text{CO}_2$ -beladenes Regenwasser) aus Kalkstein freigelegt worden sind. Herkunft: Wald am nördlichen Rand des Steinbruchs der Fa. HeidelbergCement nahe Schelklingen; Mergelstetten-Formation (joME, früher k15). Breite des Steins 22,0 cm.



**Abb. 3.** Aufgesägter lithistider Schwamm (*Platychonia schlotheimi*). Durch Anätzen mit verdünnter Salzsäure wird erkennbar, dass die in Kalk eingebetteten Skelettelemente aus  $\text{SiO}_2$  bestehen. Sie sind hier in ihrer ursprünglichen Anordnung konserviert. Herkunft: Acker westlich von Pappelau; diese Lokalität wird schon von Engel (1908: 467) als besonders ergiebig für Platychonien beschrieben. Oberer Massenkalk (joMKo). Bildbreite 6,0 mm.



**Abb. 4.** Die am häufigsten realisierte Art der Fossilisation hiesiger Kieselchwämme: Der ehemalige Opal des Skeletts von (wahrscheinlich) *Tremadycyon reticulatum* ist durch Kalzit ersetzt. Das einbettende Material ist ebenfalls Kalzit. Geringe Unterschiede der Färbung innerhalb und außerhalb des Schwammkörpers bedingen, dass der Schwamm erkennbar ist. Herkunft: Steinbruch im Schammmental bei Blaustein. Breite des Steins 7,2 cm.

## 2. BEISPIELE VON KIESELKNOLLEN MIT SCHWAMMSKELETTEN

Die Weißjura-Steinbrüche des Großraums Ulm/Heidenheim liefern vielfältiges Anschauungsmaterial über Kieselschwämme. Beispiele von Fundstellen, an denen Kieselnollen mit eingelagerten Schwammskeletten vorkommen:

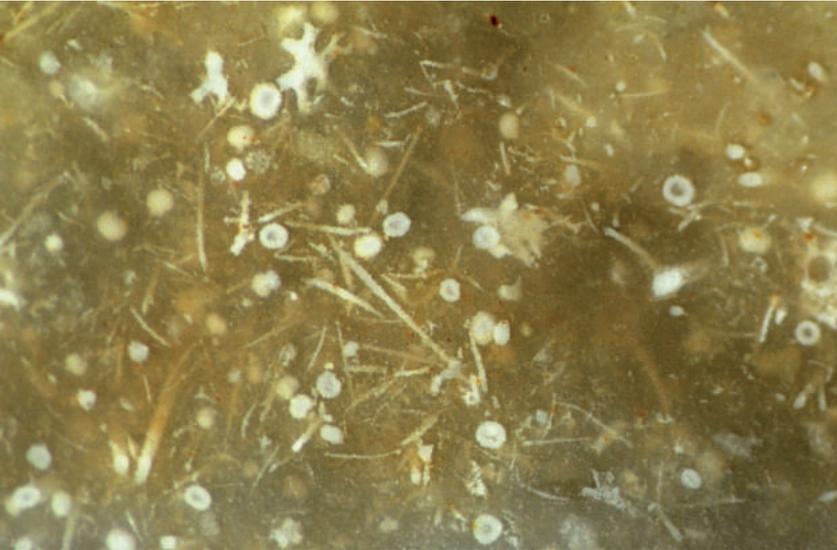
- Die oberste Sohle des Steinbruchs der Fa. Schön und Hippelein im Waibertal bei Schnaitheim; Oberer Massenkalk (joMKo); R: 3587040, H 5401130.
- Die beiden obersten Sohlen des Steinbruchs bei Kirchen, nahe Ehingen (Fa. Schotterwek Kirchen); Oberer Massenkalk (joMKo); R: 3545750, H: 5348290. An der Grenze von Jura und überlagernder sandiger Brackwassermolasse kommen dort ebenfalls, offenbar durch fluviatile Einwirkung abgeschliffene/polierete Kieselnollen mit Schwammskeletten vor. Ob diese Knollen autochthon sind, konnten wir nicht entscheiden.
- Der westliche Teil der ehemaligen 2. Sohle des aufgelassenen Steinbruchs im Kleinen Lautertal nahe Herrlingen; (Fa. H. Reischl); Oberer Massenkalk (joMKo); R: 3565820, H: 5366650. Der Kalk in diesem Bereich ist jetzt völlig abgebaut.
- Die zweitoberste Sohle des (jetzt aufgelassenen) Steinbruchs im Schammmental bei Blaustein (Fa. Märker-Kalk); Oberer Massenkalk (joMKo); R: 3568880, H: 5366000.

Als Beispiel eines Vorkommens, dessen Kieselnollen nur ausnahmsweise Schwammskelette enthalten, ist der obere Teil des Steinbruchs der Fa. Eduard Merkle bei Gerhausen zu nennen; Oberer Massenkalk (joMKo); R: 3560760, H: 5362050. Die dortigen Sedimente stellen Riffschutt dar, der viele Reste von Korallen enthält (KOCH u. SENOWBARI-DARYAN 2000). Schwammskelette sind dort offenbar zermahlen worden und standen somit nicht zur Verfügung bei der Feuersteinbildung. Kieselig erhaltene Spicula kommen allerdings in großer Menge vor, sowohl im Kalk als auch in den Feuersteinen (Abb. 5). Auffallend ist die hohe Dichte an Rhaxen. Hiermit in Übereinstimmung steht deren gehäuftes Vorkommen im Lehm der dortigen Karstspalten als Rückstand der Kalkauflösung.

Ein weiterer Steinbruch, in dem viele Feuersteine vorkommen, aber nur wenige Feuersteine mit Skeletteinschlüssen, ist der Steinbruch bei Böhmenkirch an der B466 (Fa. Wager-Fischer); Obere Felsenkalk-Formation (joFO); R: 3567860, H: 5396350). Im dortigen Kalkstein spielen Schwämme eine untergeordnete Rolle. Wir konnten jedenfalls keine Skelettreste erkennen. Ätzproben ergaben nur geringe Ausbeuten an kieseligen Spicula.

Anmerkung: In den Abbildungsunterschriften, die zu Objekten von den oben genannten Stellen gehören, werden zur Vermeidung von Wiederholungen die Koordinaten und Formationen nicht angegeben.

Was für Schwammtypen kommen vor? Bei der großen Mehrzahl der eingeschlossenen Skelette handelt es sich um solche von flach ausgebildeten Lithistiden. Die Abbildungen 6 bis 12 zeigen einige Beispiele. Fragmente von flachen hexactinelliden Schwämmen haben wir nicht angetroffen. Gelegentlich kommen auch röhrenförmige Skelette vor, und zwar solche von hexactinelliden Schwämmen sowie von *Cylindrophyma milleporata*, einem lithistiden Schwamm (Abb. 13 und 14).



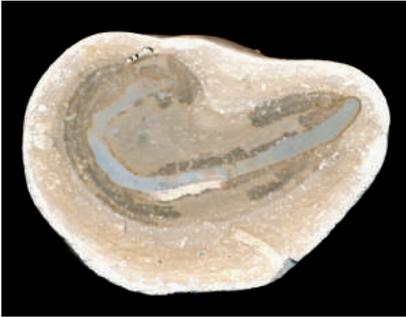
**Abb. 5.** Aufgesägter Feuerstein von der zweitobersten Sohle des Steinbruchs bei Gerhausen. In der trüben  $\text{SiO}_2$ -Matrix schweben diverse Spicula von Kiesel Schwämmen. Die Anzahl Spicula pro Volumeneinheit ist hier ziemlich hoch. Bei den rundlichen Gebilden mit Durchmessern um 0,2 mm handelt es sich um Rhaxe. Bildbreite 4,3 mm.



**Abb. 6.** Aufgesägte Kieselknolle mit eingelagertem Skelett eines lithistiden Schwammes. Herkunft: Steinbruch der Fa. Schön und Hippelein im Waibertal bei Schnaitheim. Breite des Steins 10,9 cm.



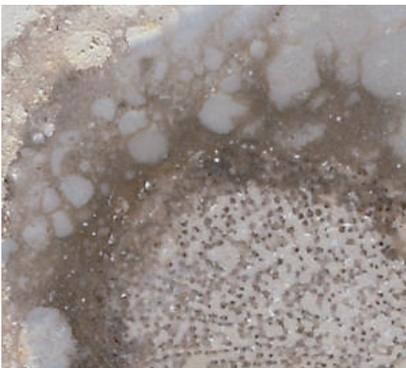
**Abb. 7.** Ausschnittsvergrößerung von Abb. 6. Die streifenartige Geometrie der Skelettelement-Anordnung deutet auf das Vorliegen von *Platychnonia* sp. Bildbreite 1,5 cm.



**Abb. 8.** Gebogenes Skelettfragment von (wahrscheinlich) *Platychonia* sp. In der Nachbarschaft des Skeletts zeichnen sich die rundlichen verkieselten Partikel (Kotpartikel?) des ehemaligen Sedimentschlammes ab. Herkunft: Steinbruch der Fa. Schön und Hippelein im Waibertal bei Schnaitheim. Breite der Knolle 11,3 cm.



**Abb. 9.** Lithistider Schwamm in einer Kieselknolle vom Steinbruch im Schammental bei Blaustein; wahrscheinlich *Platychonia* sp.. Die Knolle ist durch Korrosion weiß und opak geworden. Sie ist dennoch sehr hart. Gut zu erkennen: Die rundlichen Partikel des ehemaligen Sedimentschlammes. Breite der Knolle 3,6 cm.



**Abb. 10.** Vergrößerter Ausschnitt aus Abb. 9. Bildbreite 0,8 cm.

Zur Form der Kieselknollen: Gelegentlich sind sie kugelig, in den meisten Fällen aber mehr oder weniger abgeplattet oder auch ganz unregelmäßig geformt. Die Schwammenskelette sind parallel zu den flachen Seiten der Knollen orientiert. Kieselknollen samt Skeletten, die noch in Kalk eingebettet sind, sind in der Regel entweder nur schwach farbig oder zeigen nur Grautöne. Kieselknollen, die im Lehm von Karstspalten lagerten oder eingebettet in Sand oder Lehm im oberen



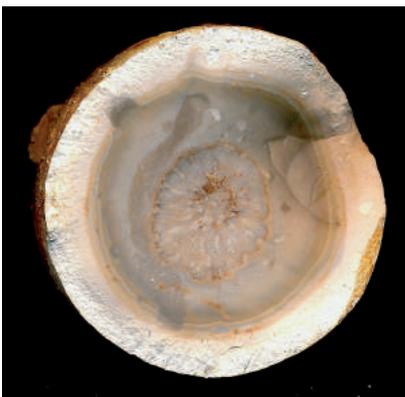
**Abb. 11.** Hier sind Skelettfragmente zweier lithistider Schwämme in einer Kieselknolle eingeschlossen. Herkunft und Typ des Feuersteins wie bei Abb. 9. Breite der Knolle 4,4 cm.



**Abb. 12.** Durch  $\text{SiO}_2$ -Lösungs-/Fällungs-Prozesse innerhalb des Skelettbereichs ist der Bau des Skeletts weitgehend „verwischt“ worden. Herkunft: Steinbruch der Fa. Schön und Hippelein im Waibertal bei Schnaitheim. Breite der Knolle 6,8 cm.



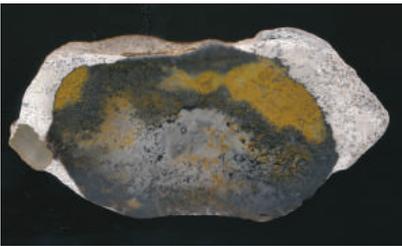
**Abb. 13.** Feuerstein mit eingeschlossenem röhrenförmigem lithistidem Schwamm (*Cylindrophyma milleporata*). Herkunft: Steinbruch der Fa. Schön und Hippelein im Waibertal bei Schnaitheim. Breite des Steins 8,3 cm.



**Abb. 14.** Feuerstein mit eingeschlossenem röhrenförmigem hexactinellidem Schwamm. Herkunft: Steinbruch der Fa. Schotterwek Kirchen. Breite des Steins 3,5 cm.



**Abb. 15.** Feuerstein, der seine Kolorierung durch Goethit beim Lagern in sandigem Sediment bekommen hat. Der gesamte gelbbraune Bereich wird von einem Schwammskelett eingenommen. Herkunft: Grenzbereich von Brackwassermolasse und Jurakalk im Steinbruch der Fa. Schotterwerk Kirchen. Breite des Steins 8,8 cm.



**Abb. 16.** Feuerstein mit Schwammskelett. Die Färbungen sind durch Goethit und (wahrscheinlich) eine oxidische Mangan(IV)-Verbindung verursacht. Herkunft: Grenzbereich von Brackwassermolasse und Jurakalk im Steinbruch der Fa. Schotterwerk Kirchen. Breite des Steins 7,3 cm.



**Abb. 17.** Ausschnittsvergrößerung von Abb. 16. Bildbreite 11 mm.



**Abb. 18.** Farbiger Feuerstein mit eingeschlossenem, nur noch schlecht erkennbarem röhrenförmigem Schwammskelett, Herkunft: Wie bei Abb. 15. Breite der Knolle 8,8 cm.

Verwitterungsbereich der Kalksedimente waren, sind mehr oder weniger bunt. Brauntöne dominieren. Die Kolorierung stammt offenbar von oxidischen Fe(III)-Verbindungen, die sich nach dem Eindiffundieren gelöster Fe(II)-Salze gebildet haben. Mangan(IV)-Minerale dürften auch beteiligt sein und die Farbe Schwarz verursachen. Für die Farben der Hohenloheschen, aus dem Keuper stammenden und später verfrachteten Feuersteine wird eine gleichartige Entstehung angenommen (SCHÜSSLER et al. 2000: 28). Bei zunehmender Verwitterung werden die Knollen blütenweiß und verlieren ihre Härte. Die in den Kieselknollen eingeschlossenen Schwammskelette können aus Kalzit und  $\text{SiO}_2$  bestehen; letzterer als granularer Tiefquarz oder Chalcedon und/oder Quarzin (BEURER 1971: 34). Im Fall von Kalzit ist dieser nicht selten völlig oder bereichsweise weggelöst. Die Skelette manifestieren sich dann als Hohlformen. Auf die relevanten (möglichen) Diageneseschritte soll hier nicht eingegangen werden. Gedanken darüber hat sich insbesondere schon RAUF (1893/1894) gemacht. Dass das  $\text{SiO}_2$  hiesiger Feuersteine „hauptsächlich aus Chalcedon“ besteht (BEURER 1971: 49), ist anzuzweifeln. Eher liegt mikrokristalliner, granularer Quarz vor.

### 3. ZUR EINKIESELUNG VON SCHWAMMSKELETTEN

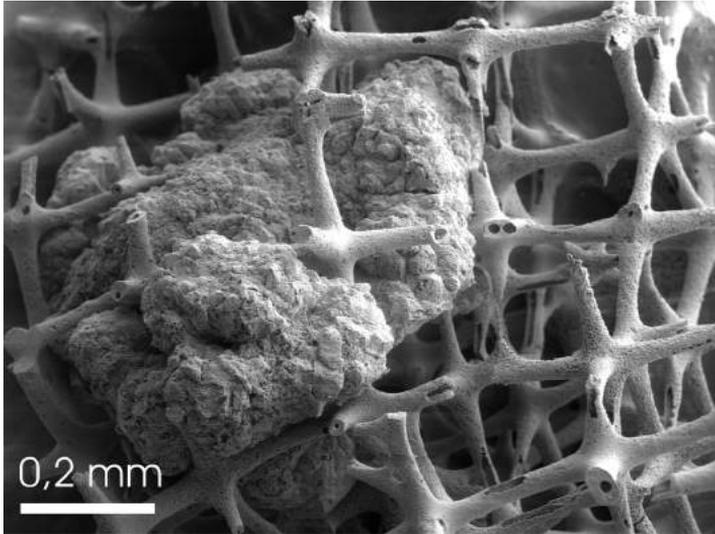
Fragen bezüglich der Genese schwäbischer Feuersteine werden in den Arbeiten von REIFF (1958) und BEURER (1971) diskutiert. Dort findet man auch Angaben zur älteren Literatur.

Uns soll hier vor allem dies beschäftigen: Warum und wie initiierten Kieselchwammskelette die Feuersteinbildung? Bei der folgenden Diskussion wird vorausgesetzt, dass die  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ -Konzentration im Porenwasser so hoch war, dass  $\text{SiO}_2$  ausfallen musste. Dabei kann es sich durchaus um feinkristallinen Tiefquarz (granular oder faserförmig) handeln (KNAUTH 1994: 238). Die immer wieder postulierte Rolle eines „Kieselsäuregels“ bei der Feuersteinentstehung, (etwa bei WAGENPLAST 2011: 189) ist durch nichts belegt.

Wir gehen davon aus, dass die  $\text{SiO}_2$ -Abscheidung bevorzugt an bereits vorhandenem  $\text{SiO}_2$  erfolgt. Als solches steht der biogene Opal der Skelettelemente von Kieselchwämmen zur Verfügung.

Zunächst ist zu überprüfen, ob eine Abscheidung von  $\text{SiO}_2$  gleichermaßen in/an Skeletten und an einzelnen Spicula erfolgen kann. Wie die Abb. 19 und 20 belegen, trifft die Vermutung zu. Dies war zu erwarten, denn Skelette und einzelne Spicula bestehen aus dem gleichen Material (in frischem Zustand aus Opal; gealtert aus einer kristallinen  $\text{SiO}_2$ -Form). Man kann davon ausgehen, dass bei funktionierendem Nachschub an  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  die  $\text{SiO}_2$ -Abscheidung bevorzugt auf der Oberfläche der bereits vorhandenen Abscheidungen erfolgte (Wachstumsprinzip von Konkretionen). Die Endprodukte sind in beiden Fällen knollenartige Gebilde.

Was ist mit den Körnern/Kristallen des einbettenden Sediments passiert, die sich ursprünglich an den Stellen befanden, wo sich das  $\text{SiO}_2$  abgeschieden hat? Wurden sie beiseite geschoben oder lösten sie sich auf? Sie wurden nicht beiseite geschoben. Man erkennt dies daran, dass die unlöslichen Partikel wie z.B. Kie-



**Abb. 19.** Skelett eines hexactinelliden Kieselschwamms, das aus Kalkstein mit verdünnter Salzsäure herausgeätzt worden ist. Die Einkieselung hat begonnen. REM-Aufnahme. Herkunft: westlicher Ortsrand von Gerstetten; Mergelstetten-Formation (joME).



**Abb. 20.** Bündel von kieselig erhaltenen Spicula, die durch  $\text{SiO}_2$  verkittet sind; Mit verdünnter Salzsäure herauspräpariert aus einem Lesestein. REM-Aufnahme. Fundort: Acker westlich von Sonderbuch, nahe Blaubeuren; Mergelstetten-Formation (joME).



Abb. 21. Röhrenförmiger Schwamm (*Cylindrophyma milleporata*), der nur teilweise eingekieselt ist. Die  $\text{SiO}_2$ -Abscheidung erfolgte bevorzugt innerhalb des Skelettbereichs. Herkunft: Zweitoberste Sohle am Nordwest-Rand des Steinbruchs bei Schelklingen (Fa. HeidelbergCement; Mergelstetten-Formation (joME); R: 3556500 H: 5358210). Breite des Steins 12,3 cm.



Abb. 22. Großer aufgesägter massiv verkieselter hexactinellider Schwamm. Nur an wenigen Stellen gehen die  $\text{SiO}_2$ -Ablagerungen über die Peripherie des Schwammes hinaus. Herkunft: oberste Sohle des Steinbruchs der Fa. Schotterwerk Kirchen. Höhe des Steins 35,5 cm.

selnadeln in den Knollen genau so verteilt sind wie im umgebenden Kalkstein. BEURER (1971: 43) drückt das so aus: „Die Kieselknollen des Schwäbischen Weißen Jura sind raum- und gefügetreue Nachbildungen der Kalksteine“. Für die ehemaligen Calciumcarbonat-Kristalle folgt somit, dass sie sich (mehr oder weniger synchron) mit der  $\text{SiO}_2$ -Abscheidung aufgelöst haben müssen; vgl. hierzu auch KNAUTH (1994: 245).

Nun zu dem empirischen Befund, dass die Feuersteinbildung so häufig an/in Skeletten startete. Auf eine einfache Erklärung kommt man, wenn man die Anzahl potentieller Startpunkte für eine  $\text{SiO}_2$ -Abscheidung betrachtet. Diese wird um so größer sein, je größer die verfügbare Oberfläche von biogenem Opal pro Volumeneinheit ist, und diese ist für ein Skelett mit seinen vielen eng benachbarten Bauelementen in der Regel höher als für ein Ensemble von Spicula, die im Sediment verstreut sind. Dementsprechend konnte innerhalb eines Skelettes



**Abb. 23.** Flacher eingekieselter lithistider Schwamm. Herkunft: Oberster Bereich des Steinbruchs der Fa. Gustav Wager bei Söhnstetten. Mergeltetten-Formation (joME); R: 3574949, H: 5393350. Breite des Steins 25,8 cm.



**Abb. 24.** Ausschnittvergrößerung von Abb. 23. Es ist zu erkennen, dass die außen liegenden Spicula zwar von dem deponierten Kieselmaterial festgehalten werden, aber nicht eingekieselt sind.



**Abb. 25.** Nur in einem Teil des Skeletts lief die  $\text{SiO}_2$ -Abscheidung ab (oberer Bereich der Abb.). Herkunft: Zweitoberste Sohle des Steinbruchs der Fa. Schotterwerk Kirchen. Bildbreite 8,5 mm.

an relativ vielen Stellen die  $\text{SiO}_2$ -Abscheidung beginnen. Benachbarte Abscheidungsstellen konnten zusammenwachsen und so größeren Konkretionsbereiche ergeben. Das Skelett hatte somit insgesamt eine erhöhte Chance, sich zu einer Kieselknolle zu entwickeln. Die gleichen Argumente treffen natürlich für Ansammlungen eng benachbarter isolierter Spicula zu. Es kann deshalb durchaus angenommen werden, dass die Entwicklung des Feuersteins von Abb. 5 mit der  $\text{SiO}_2$ -Abscheidung in einer Gruppe eng benachbarter Spicula startete.

Eine Inspektion unseres Fundmaterials deutet darauf hin, dass bevorzugt zunächst nur innerhalb der Skelettbereiche  $\text{SiO}_2$ -Abscheidung erfolgte (Abb. 21 bis 24) und ein Weiterwachsen zu Kieselknollen offenbar erst in einer zweiten Phase stattfand. Es kommen allerdings auch Ausnahmen vor: Abb. 25 zeigt ein hexactinellides Skelettfragment, innerhalb dessen sich kein  $\text{SiO}_2$  abgeschieden hat, obwohl direkt daneben eine Kieselknolle wächst. Bemerkenswert ist bei eingekieselten Schwämmen häufig die gute Erhaltung der Dermalbereiche bzw. ihrer im Originalverband angeordneten Spicula (Abb. 24).

Zu diskutieren ist noch die Frage, warum überhaupt eine  $\text{SiO}_2$ -Abscheidung auf Skelettelementen erfolgte. Wir nehmen an, dass diese mit der (beginnenden) Umwandlung des biogenen Opals in eine der kristallinen  $\text{SiO}_2$ -Formen zusammenhängt, wahrscheinlich in einer frühen Phase der Diagenese. Möglicherweise fungierten wachsende Kristalle, die an Ort und Stelle aus dem Opal hervorgegangen waren, als „Impfkristalle“ für die Bildung von Aufwachsungen. Argumente, dafür, dass das Material (Quarz) kieselig erhaltener hiesiger Schwammelemente aus Opal hervorgegangen ist, und zwar in situ, haben wir in einer vorausgehenden Arbeit gebracht (THEWALT u. DÖRFNER 2004). Als Alternative wäre ja auch eine (häufig postulierte) sekundäre Verkieselung nach zwischenzeitlichem Ersatz durch Kalzit denkbar.

Zur Verwitterung von Feuersteinen mit Schwammskeletten: In der großen Mehrzahl der Fälle erfolgt diese von außen nach innen. Eine helle Verwitterungskruste wird zunehmend dicker. Der Skelettbereich wird als letzter angegriffen; vgl. Abb. 9 und 11. Es gibt aber auch Knollen, bei denen die Korrosion im Skelettbereich einsetzt; Eine Untersuchung der Details steht noch aus.

#### DANK

Unser Dank gilt den Betreibern der genannten Steinbrüche für die Erlaubnis, die Betriebe betreten und Material sammeln zu dürfen. Zu danken haben wir auch Herrn Prof. Dr. PAUL WALTER, Bereich Elektronenmikroskopie der Univ. Ulm, der uns das Rasterelektronenmikroskop (Zeiss-DSM962) zugänglich machte, sowie Herrn Dr. Mathias Franz vom LGRB, Freiburg, der uns die aktuellen Bezeichnungen der Gesteinsformationen mitteilte.

Die gezeigten Objekte befinden sich in der Sammlung der Autoren: Alle Bilder stammen von den Autoren.

**LITERATUR**

- BEURER, M.** (1971): Kieselsäureanreicherungen in den oberjurassischen Sedimenten der Schwäbischen Alb. – Beihefte zum Geologischen Jahrbuch, Heft 109, Hannover.
- ENGEL, T.** (1908): Geognostischer Wegweiser durch Württemberg, 3. Aufl., 645 S., Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- KNAUTH, L. P.** (1994): Petrogenesis of Chert. – In: **HEANEY, P.J., C. T. PREWITT u. G. V. GIBBS** (Hrsg.): *Silica – Physical Behavior, Geochemistry and Materials Application. – Reviews in Mineralogy*, 29: 233–258.
- KOCH, R. u. B. SENOWBARI-DARYAN** (2000): Die fazielle Entwicklung im Steinbruch Blaubereun/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.
- RAUFF, H.** (1893/94): Palaeospongiologie, erster oder allgemeiner Theil und zweiter Theil, erste Hälfte. – *Palaeontographica*, 40: 1–346, Taf. 1–17.
- REIFF, W.** (1958): Beiträge zur Geologie des Albuchs und der Heidenheimer Alb (Württemberg). – Arbeiten aus dem Geologisch-Paläontologischen Institut der Technischen Hochschule Stuttgart, Neue Folge Nr. 17.
- SCHÜSSLER, H., T. SIMON u. M. WARTH** (2000): Entstehung, Schönheit und Rätsel Hohenloher Feuersteine. – 2. Aufl., 175 S., Bergatreute (Verlag und Offsetdruck Eppe GmbH).
- THEWALT, U. u. G. DÖRFNER** (2004): Kieselig erhaltene Spicula von Kieselschwämmen aus dem Weissen Jura der Ulmer Gegend – Überblick und Überlegungen zur Diagenese. – Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, 160: 85–122.
- WAGENPLAST, P.** (2011): Die Bildung von Feuersteinen in der Oberkreide der Ostsee. – *Aufschluss*, 62: 187–191.

**Anschriften der Autoren:**

Dr. ULF THEWALT, Geislinger Weg 16, D-89547 Gerstetten  
E-mail: ulf.thewalt@googlemail.com

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