

Biosignaturen in Achaten von Aouli, Atlas-Gebirge, Marokko

von Ulf Thewalt und Gerda Dörfner (Gerstetten, Deutschland)

In Achaten aus der Gegend von Aouli, Marokko, kommen mehrere Typen von Einschlüssen mit ungewöhnlicher Morphologie vor. Einige Beispiele werden hier vorgestellt – insbesondere knäuelartige, spinnenähnliche und bürstenartige Einschlüsse. Ihre Morphologie lässt kaum Zweifel daran, dass man es mit Biosignaturen zu tun hat.



Abb. 1: Achat von Aouli mit zahlreichen Einschlüssen. Die hier interessierenden mikroskopisch kleinen (mm- und sub-mm-Bereich) Einschlüsse kommen in den Randbereichen der beiden roten Bänder vor. 12,7 cm.

Die Fotos in diesem Artikel stammen, soweit nicht anders vermerkt ist, von den Autoren. Die abgebildeten Objekte befinden sich, wenn nicht anders angegeben, in der Sammlung der Autoren.

1 Einführung

In vorausgehenden Aufsätzen haben wir die Einschlüsse in Achaten aus der Nachbarschaft des Ortes Kerrouchen im südlichen Atlas beschrieben (Thewalt & Dörfner (2024 a, b)). Die Quintessenz dabei:

Es wimmelt geradezu von Biosignaturen in den dortigen Achaten. Die Frage stellt sich: Trifft dies auch für Material von anderen Fundgebieten im Bereich des Atlas zu? In der vorliegenden Notiz geht es um Achate

aus der Gegend der Ortschaft Aouli im mittleren Atlas. Den Anstoß lieferte die Durchmusterung zweier sich als besonders interessant erweisender Achate unter einer Stereolupe. Fast alle im Folgenden gezeigten Fotos stammen von diesen beiden Stücken. Die Fotos betreffen die ästhetisch besonders ansprechenden bürstenähnlichen und knäuelartigen bis spinnenähnlichen Einschlüsse. Eine mehr systematische Besprechung muss warten.

2 Spinnenähnliche und knäuelartige Gebilde

Den in Abb. 1 gezeigten Achat von Aouli, mitgebracht von einer Marokko-Exkursion im Sommer 2011, stellte uns Helmut Schumann zur Verfügung. In dem Achat kommen zwei rote Bänder vor. Wie immer wieder zu beobachten, ist die Farbe solcher Bänder durch rundliche rote Eisenoxidpartikel bedingt, die in der farblosen

Chalcedonmatrix zu schweben scheinen. Interessanter wird es, wenn man die Randbezirke der roten Bänder näher betrachtet. Man meint, sich in einer unwirklichen, skurrilen Landschaft wiederzufinden (Abb. 2 - 4). Dabei fallen vor allem die verschiedenartigen filigranen roten Gebilde ins Auge (Abb. 2 - 9). Sie können gerade, aber auch gebogen sein. Sie können ohne Verzweigungen und mit Verzweigungen auftreten. Und sie können einzeln sowie als Aggregate aus wenigen oder vielen Individuen vorkommen. Ähnliche Gebilde hatten wir auch in Achaten von Kerrouchen beobachtet.

Ganz nebenbei und ohne Kommentar: Völlig unerwartete faszinierende „spinnenartige“ Einschlüsse gibt es auch in einem ganz anderen Gestein, und zwar in Obsidian. Beschreibungen stammen von den Mineralogen Gustaf Adolf Kenngott (1869) und Ferdinand Zirkel (1873).



Abb. 2: Randbereich eines der roten Bänder. Bildbreite 3,6 mm.



Abb. 3: Über dem roten Bereich mit skurrilen Gewächsen schwebt ein ungewöhnliches „UFO“.
Dieses besteht aus einigen roten Fadenstücken, die auf einem Zentralkörper aufgewachsen sind.
Bildbreite 1,8 mm.



Abb. 4: An rote Seesterne erinnernde Gebilde auf einem weiß erscheinenden dünnen Band.
Das Band besteht aus parallel orientierten Quarzkristallnadeln. Bei den roten Gebilden spielen bündelweise zusammen lagernde Fäden eine Rolle. Bildbreite 3,6 mm.



Abb. 5: Aggregat aus mehreren plump erscheinenden Stäbchen. Bildbreite 1,8 mm.



Abb. 6: Zwei Aggregate aus roten Fadenfragmenten. Die Fragmente lagern auf einem Band aus parallel orientierte Quarznadeln. Bildbreite 1,8 mm.

Was lässt sich zum Bau der roten Stäbchen, Nadeln und Drähte sagen? Die Farbe dürfte durch Hämatit- und/oder Goethit bedingt sein. Auch gelblichbraune Fäden sind gelegentlich zu sehen (Abb. 3). Diese sind wahrscheinlich die primär gebildeten Fäden. Manchmal ist auch um zentrale Fäden herum eine Art rötlicher durchscheinender Halo ausgebildet. Die Fäden sind oftmals gekrümmt. Dies trifft besonders für die Endbereiche von relativ langen Fäden zu (Abb. 6, 7). Gabelungen kommen auch vor. Dies passt gut zu Biosignaturen, aber nicht zu anorganischen Bildungen. Bei den relativ kurzen stäbchenförmigen Gebilden von Abb. 5 andererseits ist eine „anorganische“ Entstehung denkbar. Ein Teil der Stäbchen von Abb. 5 ist jedoch leicht gekrümmt. Dies spricht gegen rein anorganische Entstehung.

Zwei Beobachtungen, die es wert sind, festgehalten zu werden, sollen hier noch erwähnt werden:

(1) Bei einem Teil der Fadenaggregate liegt ein zentraler rundlicher Körper vor (Abb. 6, 8), auf dem die Fäden/Stäbchen offensichtlich aufgewachsen sind. Diese Zentralkörper sind hohl. Das ist an solchen Exemplaren zu erkennen, die zufällig beim Aufsägen des Achaten durchschnitten wurden (Abb. 8).

(2) Einige Fäden zeigen einen spiralförmigen Bau. Dieser Typ von Fäden spielt auch bei den Achaten von Kerrouchen eine Rolle. Dort fielen vor allem frei in der Chalcedonmatrix schwimmende, spiralförmige Fadenfragmente auf.



Abb. 7: Aus gebogenen Fäden bestehende Aggregate. Die Aggregate sitzen auf der konvexen Seite der feinnadeligen Quarzunterlage. Bemerkenswert sind die vielen Biegungen und der kleine Durchmesser der Fäden gegen ihre Enden hin. Bildbreite 1,8 mm.



**Abb. 8: Wie kleine Seeigel oder Spinnen aussehende Aggregate aus wenigen Stäbchen.
Bildbreite 1,6 mm.**



**Abb. 9: Ansammlung von spinnenähnlich aussehenden Gebilden mit spitz zulaufenden Beinen.
Bildbreite 1,8 mm.**

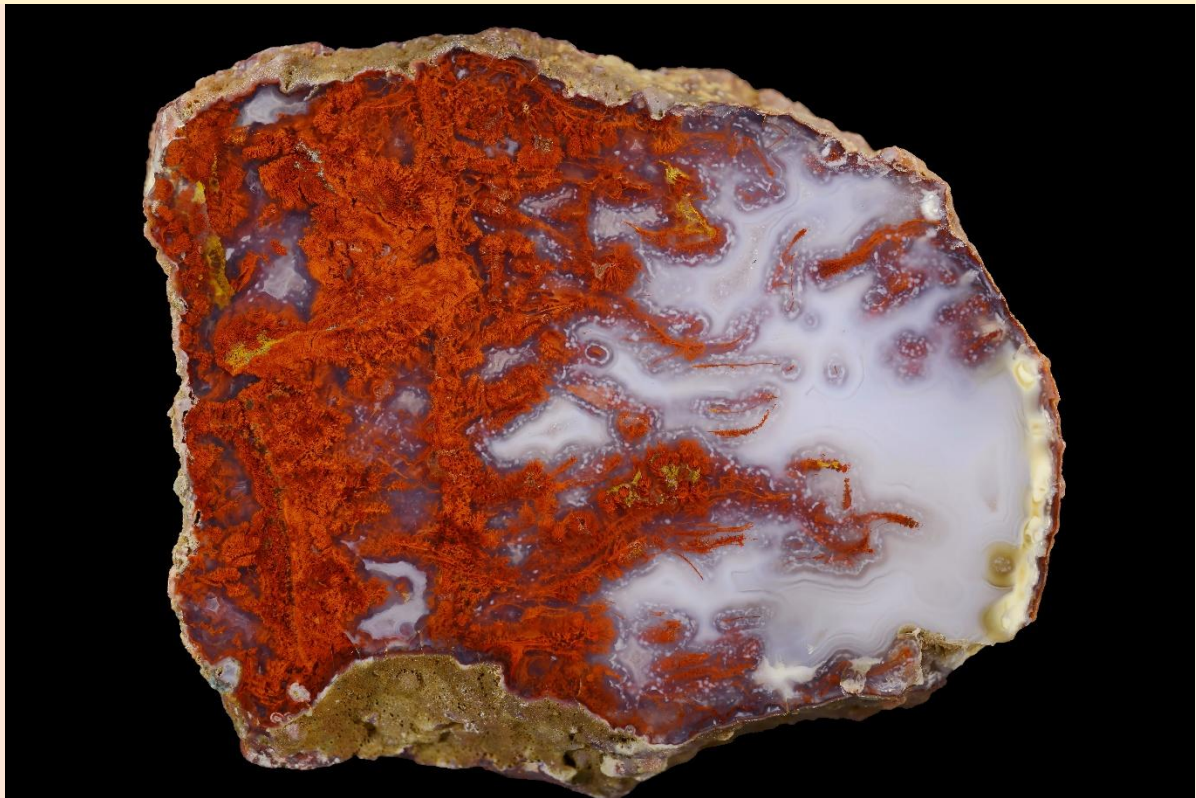
3 Aggregate, die wie Flaschenbürsten aussehen

Den in Abb. 10 gezeigten Achat haben wir 2014 von Peter Jeckel auf der Achatbörse in Niederwörresbach erworben. Schon mit einer einfachen Lupe war zu erkennen, dass der Achat besondere Einschlüsse enthält. Von einem größeren Aouli-Achat mit gleichartigen Einschlüssen stammen die Abb. 11 und 12. Aus Abb. 12 und 13 ist die Architektur der Einschlüsse ersichtlich: Es liegt jeweils ein Haupttrieb vor, um den herum sich Büschel mit mehreren verzweigten Ästchen gruppieren. Über den Bau der einzelnen Büschel geben die Abb. 13 und 14 Aufschluss: Die Büschel bestehen aus kleinen etwa gleich dicken Ästchen. Diese streben (näherungsweise) in Richtung weg von den Längsachsen der Bürsten. Es gibt

keine Überschneidungen. Die Ästchen ihrerseits bestehen aus rotem und stellenweise auch gelbem Material, d. h. aus Eisenmineralen. An einigen Stellen sind dünne Fäden zu sehen oder zu erahnen, die wie Perlenketten Zweige benachbarter Büschel überbrücken (Abb. 15). Das lässt sich so deuten, dass anorganische Substanzen auf einem bereits vorhandenen organischen Faden kristallisiert sind. Als entsprechende Fäden kommen nach derzeitigem Wissensstand Bakterienstränge in Betracht. Dass die ursprünglichen Fäden aus organischem Material nicht erhalten sind, ist zu erwarten. Sie werden nun durch die abgeschiedenen Mineralpartikel nachgezeichnet.



**Abb. 10: Achat mit Einschlüssen, die wie Flaschenbürsten aussehen.
Blickrichtung ist entlang der Bürstenachsen. 6,3 cm.**



**Abb. 11: Ein vergleichsweise großer Achat mit herrlichen „Bürsteneinschlüssen“. Ca. 12 cm.
Sammlung Helmut Schumann. Foto Wolfgang Waeger.**



Abb. 12: Ausschnitt aus Abb. 11. Man kann hier meinen, in ein Gestrüpp von Koniferenzweigen zu blicken. Sammlung Helmut Schumann. Foto Wolfgang Waeger.



**Abb. 13: Längsschnitt durch eine „Flaschenbürste“. Näherungsweise gegenständig angeordnete dendritenartige Büschel aus gleich dicken Zweigen sitzen auf einem zentralen Stamm.
Bildbreite 3,6 mm.**



Abb. 14: Querschnitt durch eine „Flaschenbürste“. Bildbreite 3,6 mm.

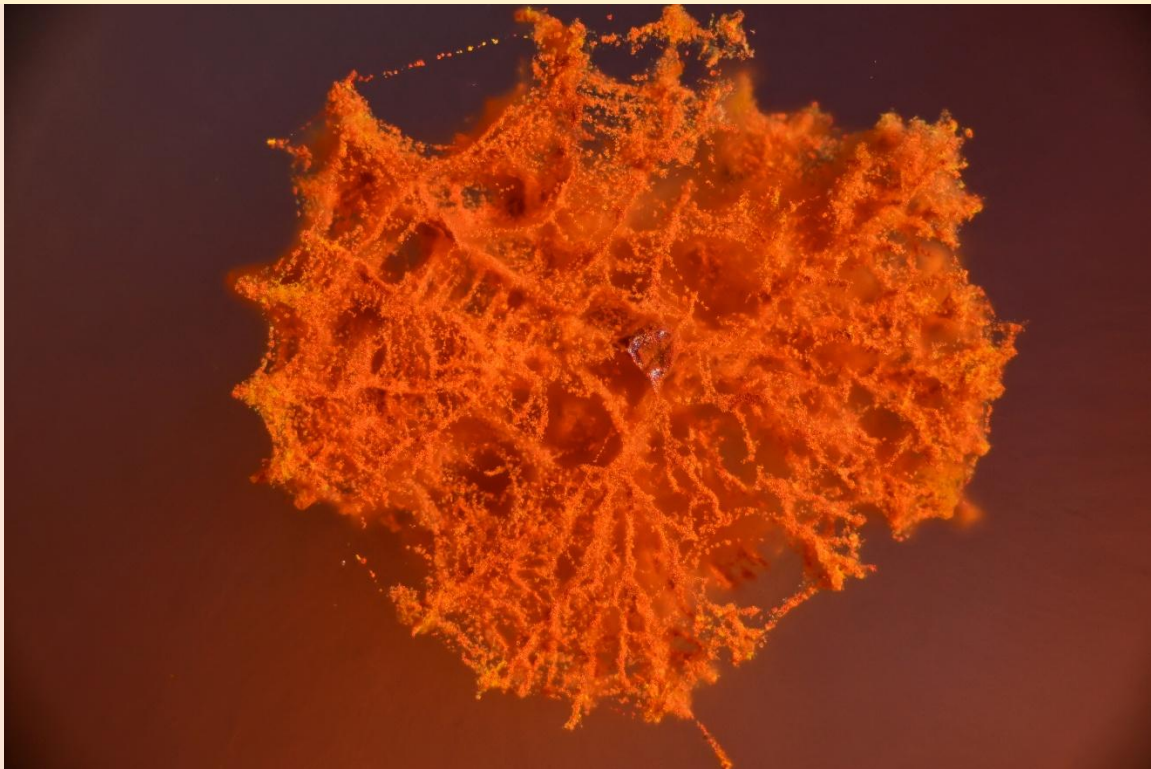


Abb. 15: Querschnitt durch eine „Flaschenbürste“. Bei diesem Exemplar fallen die verbrückenden Fäden zwischen benachbarten Büscheln auf. Bildbreite 1,7 mm.



Abb. 16: Querschnitt durch eine „Flaschenbürste“. Aus den ehemals filigranen roten Büscheln sind vergleichsweise plumpe Gebilde geworden. Der Ablauf der Einkieselung einer „Flaschenbürste“ durch sukzessive abgelagerte Chalcedonlagen ist hier dokumentiert. Bildbreite 3,6 mm.

Die Architektur der Büschel deutet darauf hin, dass diffusionsgesteuerte Aggregation (DLA) in dreidimensionaler Ausführung eine Rolle gespielt hat. Aggregiert (d. h. angehäuften) wurden hierbei Partikel die in der umgebenden Lösung bereits existierten und/oder die sich aus gelösten Substanzen an wachsenden Bakterienfäden bildeten. Das Bemerkenswerte dabei: DLA und Bakterienwachstum scheinen hier gleichzeitig abgelaufen zu sein.

Offensichtlich handelt es sich bei den „Flaschenbürsten“ um mehr als um Haufen aneinanderklebender Reste von Bakterien. Eher liegt ein ausgeklügelter Bauplan zugrunde. Arbeitsteilung und Kommunikation zwischen den beteiligten Mikroorganismen innerhalb der „Bürstenaggregate“ und mit Nachbarn dürften eine wichtige Rolle gespielt haben. Die Ähnlichkeit mit vielzelligen Lebewesen ist nicht zu übersehen.

Als (formale) Bausteine der „Bürsten“ kann man die kleinen dendritenartigen Büschel ansehen, die sich zu einem Größeren Ganzen zusammengeschlossen haben. Diese Art von Zusammenschluss scheint aber nur unter besonderen Voraussetzungen (besonderes lokales chemisches Milieu?) erfolgt bzw. konserviert zu sein.

Viel häufiger kommen die Büschel in Form einzelner kleiner, von Ihresgleichen getrennter dreidimensionaler Dendriten (Abb. 18) vor; und auch in Form relativ großer polsterartiger Kolonien, die als Parallelpackung kleiner Dendriten angesehen werden können. Das bedeutet:

Die unterschiedlich großen und unterschiedlich komplex gebauten genannten Gebilde sind nur unterschiedliche Erscheinungsformen ein und derselben Spezies.

Auch zum Altern und Vergehen der „Flaschenbürsten“ lassen sich Hinweise finden.

Betrachtet man die Abb. 14 bis 17 näher, so kann man eine zunehmende Vergröberung der Bauweise erkennen. Vorhangartige Bildungen verdrängen die filigranen Büschel. Plumpe, leblos wirkende Gestalten erscheinen. Schließlich bleiben die zentralen Säulen der Flaschenbürsten übrig.

Zu versteinerten Bakterienkolonien mit der geschilderten Bürstenstruktur haben wir in der Literatur keine richtig passenden Angaben gefunden. Am ehesten lässt sich etwas mit den Angaben von Schmitt-Riegraf & Riegraf (2015) anfangen. Diese Autoren zeigen Fotos von Filamenten der Spezies *Gallionella ferruginea* in Achaten aus dem Perm der Saar-Nahe-Mulde (Deutschland). In ihrer Abb. 18A ist immerhin eine Gliederung in Hauptstrang und senkrecht darauf stehenden Seitenfäden zu erkennen.

Für die einmalig gute Erhaltung der Bakterienbauten im Achat von Aouli waren offenbar zwei Voraussetzungen erfüllt: Erstens eine völlig ruhige Umgebung beim Wachsen (wässrige stillstehende Lösung im Geodenhohlraum).

Zweitens: Abscheidung von Kieselsäurepolymerisat auf den Bakterienaggregaten bevor sie zu groß wurden bzw. zerfielen.



Abb. 17: Die traurigen Reste gealterter Flaschenbürsten. Bildbreite 3,6 mm.



Abb. 18: Mikrodendriten in statu nascendi. Bildbreite 3,6 mm.

4 Zur (wahrscheinlichen) Bildung der beschriebenen Einschlüsse

Über faden- und schlauchförmige Einschlüsse in Achaten ist schon sehr viel spekuliert und geschrieben worden. Wir wollen uns kurzhalten. Die Morphologie der oben beschriebenen Einschlüsse deutet auf die Beteiligung von Organismen, genauer Bakterien. Argumente abgeleitet aus der Morphologie solcher „Filamente“ werden von Hofmann & al (2008) gebracht. Chemische Argumente steuern Schmitt-Riegraf & Riegraf (2015) und Thewalt & Dörfner (2012) bei. Ausführlich und mit vielen Literaturangaben werden die relevan-

ten Prozesse von Konhauser (2007) besprochen. Die Oxidation von gelösten Eisen(II)-Salzen spielt dabei eine zentrale Rolle.

Dank

Den in Abb. 1 gezeigten Achat hat uns Helmut Schumann überlassen. Dafür herzlicher Dank.

Bei Wolfgang Waeger bedanken wir uns für die Erlaubnis, zwei seiner Fotos (Abb. 11 und 12) zeigen zu dürfen.

Literatur

HOFMANN, B.; FARMER, J. D.; VON BLANKENBURG, F. & FALLIK, A. E. (2008): Subsurface filamentous Fabrics: An evaluation of origins based on morphological and geochemical criteria, with implications for Exopalaeontology. - *Astrobiology* 8, 87-117.

KENNGOTT, A. (1869): Beobachtungen an Dünnschliffen eines Kaukasischen Obsidians. Buchdruckerei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. St. Petersburg. Im Internet als gescanntes Dokument verfügbar. 21 S.

KONHAUSER, K. O. (2007): Introduction to Geomicrobiology. Malden, Massachusetts; Carlton, Victoria (Blackwell). 425 S.

SCHMITT-RIEGRAF, C. & RIEGRAF, W. (2015): Vulkanite, Mandelsteinbildungen und Mikrofossilien im Steinbruch Juchem (Unter-Perm, Rheinland-Pfalz). In LORENZ, J. & MÜSSIG, K. (Ed.): Juchem – Achate, Drusen, Sammler. Mitt. Naturwiss. Mus. Aschaffenburg, Bd. 27. 64-161.

THEWALT, U. & DÖRFNER, G. (2012): Wie kommt das Moos in den Moosachat – und wie nicht? Beiträge zu einer alten Frage. Der Aufschluss 63, VFMG, Heidelberg. 1–16.

THEWALT, U. & DÖRFNER, G. (2024a): Biosignaturen in Achaten von Kerrouchen, Marokko. www.agates.click 6/2024.

THEWALT, U. & DÖRFNER, G. (2024b): Versteinerte Kolonien von Mikroorganismen in Achaten von Kerrouchen, Marokko. www.agates.click 11/2024.

ZIRKEL, F. (1873): Die mikroskopische Beschaffenheit der Minerale und Gesteine. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig. 502 S.