
Beobachtungen an Vermikulationen aus der Höhle Baume de Gonvillars und dem Bättlerloch

Arnfried Becker

Fleckige und streifige Anhaftungen aus tonig-siltigem Sediment auf unterschiedlichen Flächen werden als Vermikulationen bezeichnet. Sie sind in Höhlen weit verbreitet, wo sie auf Wänden, an Decken und teilweise auch auf Sinterbildungen zu finden sind. Ihre Entstehung wurde in den letzten Jahren intensiv erforscht, da es durch die Bildung von Vermikulationen verschiedentlich zu Schäden an prähistorischen Höhlenmalereien gekommen ist, so z.B. in Lascaux (Hoerlé et al. 2011).

Im Folgenden soll über einige Beobachtungen an Vermikulationen in der Höhle Baume de Gonvillars im Département Haute-Saône, 12 km nordwestlich von Montbéliard, sowie im Bättlerloch im Kanton Baselland, 14 km südlich von Basel, berichtet werden.

Klassifikation

Vermikulationen sind dünne, unregelmässig geformte, diskontinuierliche Ablagerungen unverfestigten, überwiegend feinkörnigen Materials auf Höhlenwänden und anderen Flächen (Bini et al. 1978). Entsprechend ihrer Grösse und Form werden Vermikulationen üblicherweise nach dem Schema von Parenzan klassifiziert (Parenzan 1960, Bini et al. 1978, Hill & Forti 1997, Becker 2006). Dabei werden acht Typen von kleinen fleckigen bis zu grösseren flächigen Vermikulationen mit bis zu einigen Zentimetern Durchmesser unterschieden: punktförmige, plattige, blasenförmige, irregulär ellipsenförmige oder gestreckte, leopardenfell-artige, tigerfell-streifige, hieroglyphen-ähnliche und dendritische Vermikulationen (s. Abb. 1 in Becker 2006). Die Vermikulationen in den beiden untersuchten Höhlen sind überwiegend vom Typ „dendritisch“ (Abb. 1), „irregulär ellipsenförmig oder gestreckt“ bzw. „leopardenfell-artig“ (Abb. 2) und „blasenförmig“ (Abb. 3).

Korngrössenverteilung und Kohlenstoffgehalt

Zwecks Korngrössenanalysen wurden einige Vermikulationen im Abstand weniger Zentimeter voneinander an jeweils drei Orten in den beiden Höhlen beprobt (Abb. 3). Da dennoch nur sehr wenig Probenmaterial zusammenkam, wurden am Geologischen Institut der ETH Zürich die Korngrössenverteilungen der Vermikulationen laseroptisch mit einem Malvern-Mastersizer und der Kohlenstoffgehalt mit einem Coulomat bestimmt. Alle Proben zeigen Maxima in der Kornverteilung im Bereich Fein- bis Mittelsilt (Abb. 4 oben). In den Kornsummenkurven (Abb. 4 unten) lassen sich die Anteile der jeweiligen Kornfraktionen ablesen. Demnach liegt der Tonanteil durchschnittlich bei 13-21 Vol.-%, der Siltanteil bei 72-80 Vol.-% und der Sandanteil bei 4-8 Vol.-%, d.h. die Vermikulationen sind schwach bis mittel tonige Silte.

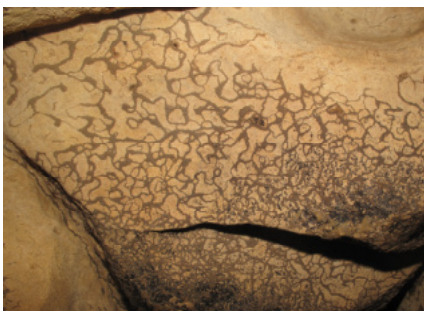


Abb. 1 Vermikulationen vom Typ „dendritisch“, Bättlerloch, Foto: T. Singeisen (T.S.)



Abb. 2 Typ „irregulär ellipsenförmig“ oder „gestreckt“, „leopardenfell-artig“ und „blasenförmig“ mit Halos, Höhle Baume de Gonvillars, Foto: T.S.



Abb. 3 Typ „blasenförmig“ Höhle Baume de Gonvillars, Foto: T.S.

Der Gesamtkohlenstoffgehalt (TC „total carbon“) liegt im Bättlerloch mit 5,87-6,46 % deutlich über den Werten von 1,34-1,49 % in der Höhle Baume de Gonvillars (Tab. 1). Der grösste Teil des Kohlenstoffs im Bättlerloch ist aber im Gegensatz zur Höhle Baume de Gonvillars anorganischer Natur und kann auf Calciumkarbonat zurückgeführt werden. Die Vermikulationen im Bättlerloch sind demnach deutlich kalkiger als die in der Höhle Baume de Gonvillars. Der Anteil organischen Kohlenstoffs ist insgesamt klein, ist aber in der Höhle Baume de Gonvillars bis doppelt so hoch wie im Bättlerloch (Tab. 1).

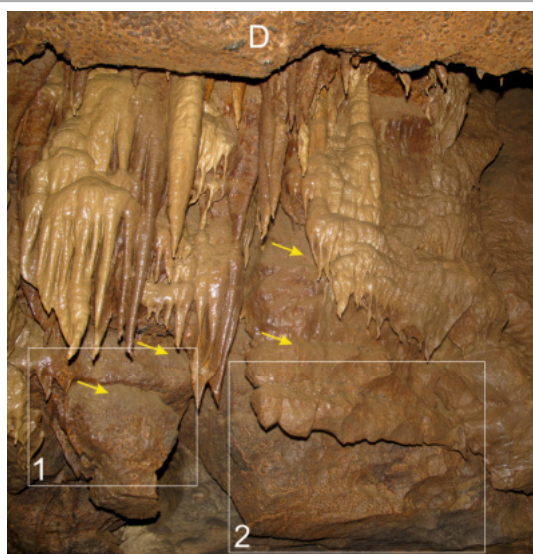
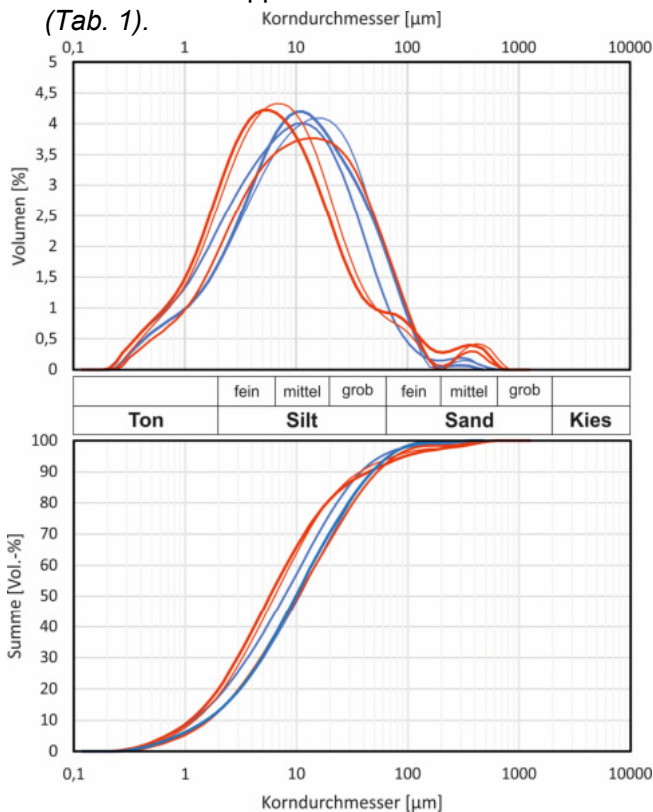


Abb. 5 Ansicht einer Höhlenwand und Decke (D) Sedimentauflagen sind durch gelbe Pfeile markiert.

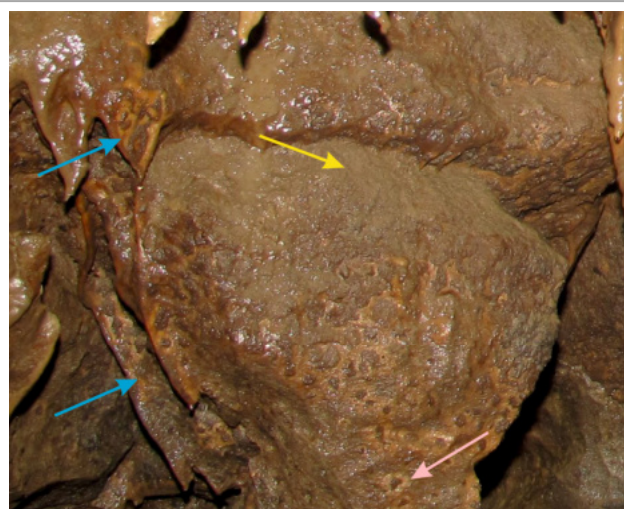


Abb. 6 Vergrößerung aus Abb. 5, Rahmen 1. Sedimentauflage überlagert die Vermikulationen teilweise. Halo (rosa Pfeil), Vermikulatinauf Sinter (blaue Pfeile). Höhle Baume de Gonvillars. Foto: T.S.

Tab. 1 Kohlenstoffbestimmungen

Probe	TC [%]	TIC [%]	TOC [%]	CaCO ₃ [%]
bätt 1	6,46	5,74	0,72	48,20
bätt 2	5,87	5,13	0,74	43,06
bätt 3	5,89	5,25	0,64	44,12
gon 1	1,34	0,21	1,13	1,79
gon 2	1,49	0,13	1,36	1,13
gon 3	1,37	0,08	1,29	0,69

Beobachtungen

Höhle Baume de Gonvillars

In der Höhle Baume de Gonvillars sind Vermikulationen an den Wänden und an der Decke nahezu allgegenwärtig. Sie fehlen auf jungen Sinterbildungen und an Engstellen, wo zumindest zeitweilig während Hochwasserereignissen die Gesteinsoberflächen von Wasser mit hoher Geschwindigkeit überströmt werden.

Die Abb. 5 zeigt grosse blasenförmige und irregulär-ellipsenförmige, rotbraune Vermikulationen an der Decke (D) sowie gleichfarbige, kleinere Vermikulationen an verschiedenen Stellen auf der Höhlenwand. Die jungen Sinter sind hellbraun und frei von Vermikulationen. Sie überdecken teilweise älteren, rotbraunen Sinter, der aber in den meisten Fällen ebenfalls nicht von Vermikulationen bedeckt ist. Auffallend sind auf Wandvorsprüngen und Simsen abgelagerte feinkörnige braune Sedimente (*gelbe Pfeile in Abb.5*). Ob es sich hierbei um Hochwasserabsätze handelt, kann nicht abschliessend beurteilt werden. Alternativ könnte es auch Sediment sein, dass aus der Deckenfuge ausgespült wurde, aus der auch das Wasser für die Sinterbildungen stammt.

Die *Abb. 6* ist eine Vergrößerung des *Rahmens 1* in *Abb. 5*. Gut zu erkennen sind punkt- und blasenförmige Vermikulationen, die oft von einem deutlich erkennbaren hellen, sedimentfreien Saum, der sog. Halo (*rosa Pfeil*), umgeben sind. Das feinkörnige Sediment auf dem Wandvorsprung (*gelber Pfeil*) unterscheidet sich farblich deutlich von den rotbraunen Vermikulationen. Ausserdem überdeckt das Sediment die Vermikulationen, was am Rand seiner Verbreitung, dort wo der Absatz in die nahezu vertikale Wand übergeht, deutlich zu erkennen ist. Das braune Sediment auf dem Absatz ist somit nach den Vermikulationen abgelagert worden. Am linken Rand der *Abb. 6* sind kleine Sinterfahnen zu erkennen (*blaue Pfeile*), die ebenfalls Vermikulationen aufweisen. Die obere dieser Sinterfahnen mit Vermikulationen (*oberer blauer Pfeil in Abb. 6*) wird von einer jüngeren Sinterfahne (links davon) teilweise überlagert, wodurch die Vermikulationen der älteren Sinterfahne an deren oberen Rand übersintert wurden.

Die Vergrößerung des *Rahmens 2* in *Abb. 5* zeigt die *Abb. 7*. Auffallend ist hier, dass Vermikulationen auf den unteren Teil der Wand beschränkt sind, wo sie verbreitet von Halos umgeben sind. Sie fehlen auf dem oberen Teil. Durch einen kleinen Absatz ragt der obere Teil der Wand leicht über den unteren hinaus. Die Abrisskante, die deutlich anhand des Schattenswurfes in der Bildmitte zu erkennen ist, bildet einen Trauf. Dadurch ist der untere Wandteil mit Vermikulationen vor Tropfwasser geschützt, das wahrscheinlich aus der Deckenfuge mit den Sinterbildungen austritt und über die obere Wand abfließt.



Abb. 7 Vergrößerung des *Rahmens 2* in *Abb. 5*. Unten auf der Wand sind zahlreiche Vermikulationen mit Halos zu sehen, die oben fehlen. Foto: T.S.

Hieraus ergibt sich, dass die Vermikulationsbildung entweder durch zu viel Wasser verhindert wird oder dass Vermikulationen, die sich vielleicht einmal auf dem oberen Teil der Wand gebildet hatten, nachträglich erodiert wurden. Auf der unteren Wandfläche sind ausserdem sehr feine Fliessfacetten zu erkennen, die eine ehemalige Fliessrichtung von links nach rechts andeuten. Die Vermikulationen bedecken die Fliessfacetten. Sie konnten sich also erst bilden, nachdem sich der Höhlenbach tiefer eingeschnitten hatte und dieser Bereich der Höhlenwand über den Wasserspiegel des Höhlenbachs zu liegen kam.

Die *Abb. 8* zeigt eine Gruppe von Stalaktiten. Die älteren, weitgehend inaktiven Stalaktiten sind alle von Vermikulationen bedeckt, ebenfalls oft mit deutlichem Halo. Die jüngeren, aktiven Stalaktiten zeigen keine Vermikulationen. Auch hier könnte ein zu hohes Wasserangebot auf den Oberflächen aktiver Stalaktiten die Bildung von Vermikulationen verhindern. Eine alternative Erklärung wäre, dass die Entstehung der Vermikulationen auf einen Prozess zurückzuführen ist, der in der Vergangenheit aktiv war, heute aber nicht mehr wirksam ist. Diese Alternative ist auch in Einklang mit den relativen Altersbeziehungen auf der zuvor beschriebenen Höhlenwand, wo die Vermikulationen älter sind als die lockeren Sedimentablagerungen auf den Wandvorsprüngen und den jungen Sinterbildungen. Das würde bedeuten, dass die Vermikulationen in der Höhle Baume de Gonvillars heute nicht mehr aktiv gebildet werden, sie sind „fossil“.



Abb. 8 Gruppe von Stalaktiten in der Höhle Baume de Gonvillars mit und ohne Vermikulationen. Foto: T.S.

Bättlerloch

Im Bättlerloch sind Vermikulationen wesentlich seltener als in der Höhle Baume de Gonvillars. Sie sind hellbraun oder hell- bis dunkelgrau, überwiegend vom Typ „dendritisch“ (Abb. 1, 9), seltener „punktförmig“ oder „plattig“. Auf dunklem Untergrund zeigen auch die dendritischen Vermikulationen sedimentfreie Säume (Halos) (Abb. 9).

Abb. 10 zeigt eine rezente Hochwassermarke (blauer Pfeil) (vgl. Becker 2009), bestehend aus Humuspartikeln, Koniferennadeln und kleinen Holzstückchen. Unterhalb der Hochwassermarke ist die Wand feucht; sie erscheint daher auf dem Foto dunkler. Die Wand wird grossflächig von einem sehr dünnen, z.T. lückenhaften kreidigen Überzug bedeckt, der als Mondmilch (M) interpretiert wird. Diese ist oberhalb der Hochwassermarke trocken, unterhalb feucht. Die Sinterbildungen (gelbe Pfeile) sind nicht oder kaum von Mondmilch bedeckt, stattdessen von zahlreichen grauen, punktförmigen Vermikulationen. Auch die Wand auf der rechten Seite, die teilweise von einem dünnen Wandsinterfilm überzogen ist, zeigt diese Vermikulationen. Die Abb. 11, eine Vergrößerung des Ausschnitt A in Abb. 10, zeigt diese punktförmigen Vermikulationen deutlich, die unterhalb der Wasserstands-marke verbreitet übersintert sind.



Abb. 9 Vermikulationen vom Typ „dendritisch“ mit Halos, Bättlerloch. Foto: T.S.

Die Vermikulationen (Abb. 10) sind jünger als die Stalaktiten. Auf den Flächen mit Mondmilch kommen sie nicht vor. Das kann bedeuten, dass die Mondmilch die Vermikulationen (1) überdeckt oder (2) zerstört hat oder (3), dass sich Vermikulationen auf der kreidigen Oberfläche der Mondmilch nicht bilden konnten. Für (1) gibt es keine eindeutigen Anzeichen, (2) ist durchaus möglich und (3) erscheint am wahrscheinlichsten. Gelegentliche Hochwässer scheinen keine sichtbaren Auswirkungen auf die Vermikulationen zu haben, wenn sie Wandflächen in einem Bereich mit schwacher Strömung oder in einem Stillwasserbereich bedecken. Inwieweit feinkörniges Sediment, dass während solcher Hochwasserereignisse auf den Höhlenwänden abgelagert wird, einen Beitrag zur Bildung der Vermikulationen liefert (vgl. Bini et al. 1978), lässt sich an dem gezeigten Beispiel nicht klären. Die groben Partikel entlang der Hochwassermarke spielen aber bei der Bildung der Vermikulationen offensichtlich keine Rolle.

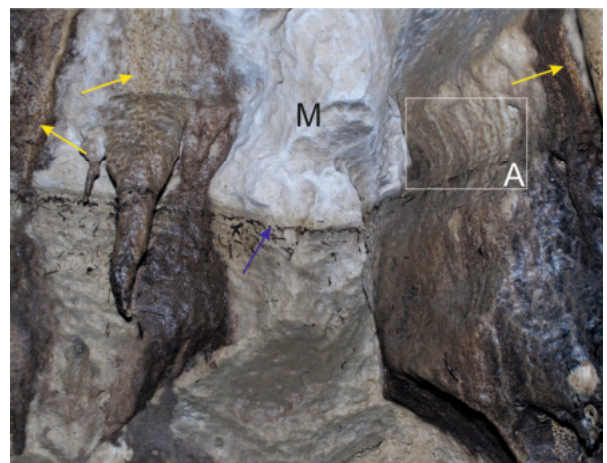
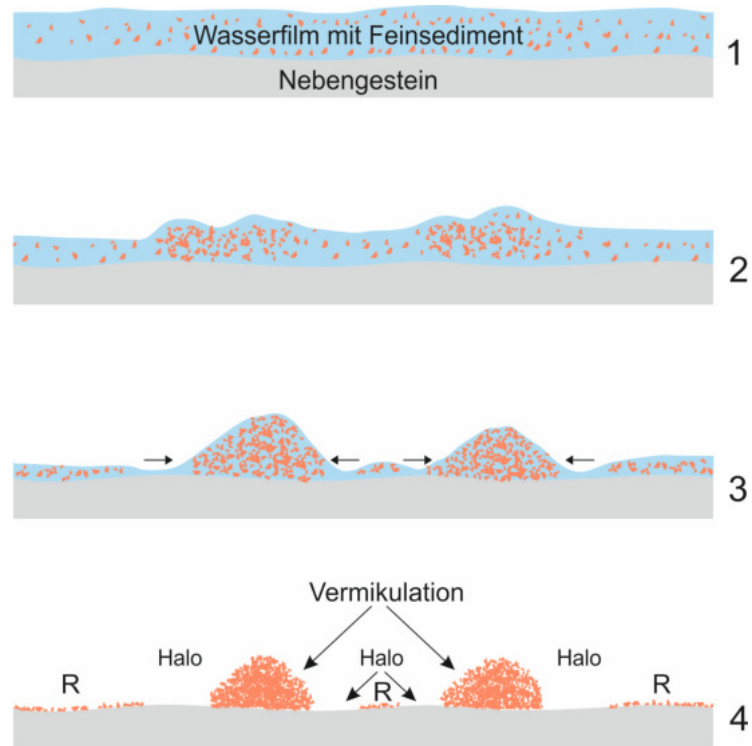


Abb. 10 Hochwassermarke (blauer Pfeil), „punktförmige“ Vermikulationen (gelbe Pfeile), Mondmilch (M). Foto: T.S.



Abb. 11 Vergrößerung aus Abb. 10, Rahmen A. Hochwassermarke und Vermikulationen auf Sinter, teilweise übersintert. Fotos T.S.

Abb. 12 Prinzipskizze zur Entstehung der Vermikulationen nach dem Modell von Bini et al. (1978):
 (1) sehr dünner Wasserfilm mit tonig-siltigen Sedimentpartikeln,
 (2) gleiche Situation bei beginnender Verdunstung des Wasserfilms und beginnender Verklumpung (Koagulation) der Partikel,
 (3) weitere Verdunstung und lokale Anreicherung der Sedimentpartikel mit sich bildenden Halos,
 (4) Situation nach vollständiger Verdunstung des Wasserfilms mit Vermikulationen Halos und intervermikularen Restsedimenten (R).



Diskussion

Bereits Parenzan (1960) konnte anhand von römischen Kavernen in Tuffgesteinen, die nie mit Sediment verfüllt, deren Wände aber mit Vermikulationen bedeckt waren, belegen, dass Vermikulationen keine Relikte ehemaliger sedimentärer Füllungen sind. Auch gelegentliche Hochwässer, wo sich in Rückstauzonen aus der Suspension tonig-feinsiltige Sedimente auf den Höhlenwänden absetzen können, sind nicht entscheidend für die Entstehung der Vermikulationen, da ihre Bildung wiederholt in Höhlen beobachtet wurde, in denen zuvor kein Hochwasser aufgetreten war (Bini et al. 1978, Hoerlé et al. 2011). In Höhlen mit prähistorischer Höhlenkunst (Lascaux, Niaux), die aufgrund des zu schützenden Kulturguts intensiv überwacht werden, konnte nachgewiesen werden, dass sich Vermikulationen innerhalb weniger Wochen bilden können, sofern die Voraussetzung für ihre Entstehung erfüllt sind (Hoerlé et al. 2011, Freydier et al. 2019).

Im Mineralbestand unterscheiden sich die Vermikulationen meistens nicht oder nur wenig von den Höhlensedimenten, den Karstfüllungen und dem Nebengestein (Parenzan 1960, Bini et al. 1978, Becker 2006, Hoerlé et al. 2011, Bojar et al. 2015, Faucher & Lauriol 2016).

Das trifft auch auf das wenige Material zwischen den Vermikulationen zu (Hoerlé et al. 2011, Freydier et al. 2019). Ein Teil des Sediments, aus dem die Vermikulationen bestehen, könnte direkt aus der Verwitterung der Höhlenwand stammen (Parenzan 1960, Bojar et al. 2015). Dafür spräche ein hoher Karbonatanteil und ein relativ hoher Anteil größerer Sedimentpartikel, die aus dem Nebengestein herausgelöst wurden. Der Anteil organischen Materials an den Vermikulationen schwankt erheblich. Wie die Beispiele der Höhle Baume de Gonvillars und des Bättlerlochs zeigen, können die Werte deutlich unter 2 % liegen, in der Wilson-Höhle (Kanada) werden 9-14 % erreicht (Faucher & Lauriol 2016) und in Lascaux bis zu 17 Gew.-% (Hoerlé et al. 2011). Dabei handelt es sich überwiegend um eingetragenes Material: Humuspartikel, Reste von Blättern, Holz, tierische Exkremente, Russ, Plastik etc. (Hoerlé et al. 2011, Faucher & Lauriol 2016). In nährstoffarmen (oligotrophen) Höhlen begünstigt ein relativ hoher Anteil organischen Materials in den Vermikulationen ihre Besiedelung durch Mikroorganismen (Bakterien, Pilze), so dass ein Teil des organischen Materials auch in situ gebildet wurde (Parenzan 1960, Nováková 2009, Jurado et al. 2020).

Für die Bildung der Vermikulationen, d.h. die Ablagerung feinkörnigen Sediments auf den Höhlenwänden, müssen mit wenigen Ausnahmen (cf. Bojar et al. 2015) zwei Bedingungen erfüllt sein: (1) die Wände müssen feucht sein und (2) in der Höhle muss ein Luftzug herrschen (Bini et al. 1978, Faucher & Lauriol 2016). Auf nassen Wänden, auf denen beständig Wasser abfließt, und unter Wasser bilden sich keine Vermikulationen. Das zeigen die Beispiele aus der Höhle Baume de Gonvillars recht deutlich. Besonders günstig für die Bildung der Vermikulationen sind Kondenswasser, was eine hohe Luftfeuchtigkeit in der Höhle voraussetzt (Bini et al. 1978, Faucher & Lauriol 2016), oder feine Wassertropfen aus der Gischt eines Höhlenbachs, die sich auf den Höhlenwänden niederschlagen und einen feinen Wasserfilm bilden. Aber auch gelegentliche Hochwässer oder durch die Höhlenwände einsickerndes (perkolierendes) Wasser können zu einer ausreichenden Befeuchtung der Wände führen (Bojar et al. 2015, Freydier et al. 2019). Der Transport der feinkörnigen Partikel, aus denen die Vermikulationen bestehen, erfolgt überwiegend durch die Luft als Aerosole, entweder direkt als Staub in trockenen Höhlen oder in aktiven Wasserhöhlen eingebettet in feine Wassertröpfchen, die über weite Strecken transportiert werden können (Parenzan 1960, Bini et al. 1978, Becker 2006, Faucher & Lauriol 2016). Letzteres ist besonders für die Höhle Baume de Gonvillars zutreffend, wo der Höhlenbach permanent einen deutlich spürbaren Luftzug erzeugt (Becker 2007). Für den Transport durch die Luft sprechen vor allem die Kornverteilung der Sedimente (Ton und Silt) sowie ihr hoher Sortierungsgrad (vgl. Abb. 4). Im Fall überwiegend karbonatischer Vermikulationen ist alternativ auch die chemische Fällung der Karbonate besonders aus perkolierendem Wasser möglich (Bojar et al. 2015).

Die charakteristische Ausbildung der Vermikulationen (Abb. 12), also die punkt-, flecken- oder linienförmige Anreicherung des Sediments auf einer Fläche, entsteht durch die teilweise Verdunstung des Wasserfilms. Dadurch reißt der Wasserfilm, wodurch sich aufgrund der Oberflächenspannung Wassertropfen auf der Höhlenwand bilden können, in denen sich das Sediment konzentriert. Bei fortschreitender Verdunstung verklumpen die Partikel und/ oder chemisch gelöste Inhaltsstoffe fallen aus (Bini et al. 1978, Bojar et al. 2015, Faucher & Lauriol 2019).

Nukleationspunkte wie kleine Eintiefungen (Faucher & Lauriol 2016), Erhebungen (Schabdach 1989), Klüfte und Risse (Hoerlé et al. 2011) und Schichtfugen (Bojar et al. 2015) können die Vermikulationsbildung begünstigen, sind aber keine Notwendigkeit (Bini et al. 1978). Das zeigen auch die beiden untersuchten Höhlen, in denen die Vermikulationen mehrheitlich nicht an besondere Oberflächenstrukturen gebunden sind. Wichtig erscheint, dass die Oberfläche der Höhlenwand und die Wasserinhaltsstoffe so beschaffen sind, dass die Oberflächenspannung der Wassertropfen nicht herabgesetzt wird, wodurch die Tropfenbildung und damit die Bildung der Vermikulationen eingeschränkt oder unmöglich würde.

Abschliessend wäre noch die Frage zu erörtern, welche Bedeutung Mikroorganismen bei der Bildung der Vermikulationen haben. In nährstoffarmen Höhlen sind Vermikulationen aus tonig-siltigem Sediment, das die Feuchtigkeit im Vergleich zum Nebengestein gut hält, und einem Anteil an ortsfremden organischen Materials (allothigenem Detritus) durchaus interessante Habitate für Mikroorganismen. Es ist daher nicht überraschend, dass in Vermikulationen wiederholt eine Vielzahl von Mikroorganismen (Bakterien, Pilze) gefunden wurden (Nováková 2009, Jurado et al. 2020). Es stellt sich aber die Frage, was war zuerst da: erst die Vermikulationen und dann die Mikroorganismen oder umgekehrt? Für oligotrophe Höhlen tendiere ich klar zu Ersterem. Biovermikulationen (Jones et al. 2008), wie sie in hypogenen Höhlen zu beobachten sind, die durch aufsteigende schwefelhaltige Wässer entstehen, sind nicht vergleichbar mit den Vermikulationen nährstoffarmer, oberflächennaher, epigenetischer Höhlen. Die Entstehung der Biovermikulationen ist eine völlig andere Geschichte.

Dank

Thomas Singeisen danke ich für die Fotos und die Mithilfe bei der Beprobung der Vermikulationen in den beiden Höhlen, Flavio Anselmetti (jetzt an der Universität Bern) und Adrian Gilli für die Bereitschaft, Korngrössenanalysen und Untersuchungen zum Kohlenstoffgehalt an den Vermikulationen am Geologischen Institut der ETH Zürich durchführen zu lassen, und Maxime De Gianpietro für zahlreiche Informationen zur Höhle Baume de Gonvillars.

Schriften

- Bini, A., Cavalli Gori, M. & Gori, S. (1978): A critical review of hypotheses on the origin of vermiculations.– *Int. J. Speleol.*, 10: 11-33.
- Becker, A. (2006): Untersuchungen an Vermikulationen aus der Schrattenhöhle, Melchsee-Frutt.– *AGS Info*, 2/06: 49-57.
- Becker, A. (2007): Baume de Gonvillars.– *AGS Info*, 2/07: 44-46.
- Becker, A. (2009): Hochwasser im Bättlerloch.– *AGS Info*, 1/09: 17.
- Bojar, A.-V., Guja, O. & Ștefănescu, D. (2015): Vermiculation patterns in Coiba Mare Cave, Bihor Mountains, Romania.– *Quaternary International*, 357: 212-219.
- Faucher, B. & Lauriol, B. (2016): Les vermiculations de la grotte Wilson (Lac la Pêche, Québec, Canada). Contexte morphoclimatique, analyses sédimentologiques et distribution spatiale.– *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 22 (1): 95-103.
- Freydier, P., Martin, J., Guerrier, B., Jeannin, P.-Y. & Doumenc, F. (2019): Rheology of cave sediments: application to vermiculation.– *Rheologica Acta*, 58: 675-685.
- Hill, C. & Forti, P. (1997): Cave minerals of the world.– *Nat. Speleol. Soc.*, Huntsville, Alabama, 463. S.
- Hoerlé, S., Konik, S. & Chalmin, E. (2011): Les vermiculations de la grotte de Lascaux : identification de sources de matériaux mobilisables par microanalyses physicochimiques.– *Karstologia*, 58 (2): 29-40.
- Jones, D. S., Lyon, E.H. & MacAlady, J.L. (2008): Geomicrobiology of biovermiculations from the Frasassi Cave System, Italy.– *J. Cave Karst Studies*, 70 (2): 78-93.
- Jurado, V. Gonzalez-Pimentel, J.L., Miller, A.Z., Hermosin, B., D'Angeli, I.M., Tognini, P., De Waele, J. & Saiz-Jimenez, C. (2020): Microbial communities in vermiculation deposits from an Alpine cave.– *Frontiers in Earth Science*, 8: 17 S.
- Nováková, A. (2009): Microscopic fungi isolated from the Domica Cave system (Slovak Karst National Park, Slovakia). A review.– *Int. J. Speleology*, 38 (1): 71-82.
- Parenzan, P. (1960): Concerning the clayish-slimy formations termed vermicular.– *Int. Symp. Speleology, Varenna (Lake of Como), Italy, 3-6 October 1960*: 7 S.
- Schabdach, H. (1989): Feldbeobachtungen und Laborversuche zur Entstehung von Vermikulationen.– *Mitt. Verb. dt. Höhlen- u. Karstforsch.*, 35 (1/2): 91-94.