

BOTANIK

Neu entdeckte Vorkommen der Zieralge *Oocardium stratum* Nägeli, 1849 im Tobel der Wolfegger Ach im oberschwäbischen Alpenvorland

Von WERNER GRÜNINGER, Reutlingen und HANS GÜNZL, Tübingen.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird über den ersten Fund der seltenen Zieralge *Oocardium stratum* Nägeli (Conjugatophyceae, Desmidiáles) auf württembergischem Gebiet berichtet und ihre unter den Zieralgen einmalige Lebensweise anhand von 2015 bis 2017 durchgeführten Untersuchungen in drei in die Wolfegger Ach mündenden Bächen beschrieben. Besonders bemerkenswert ist, dass diese Alge ihren Wachstumsmodus an sehr unterschiedliche hydrologische und strukturelle Bedingungen ihres Lebensraumes anpassen kann. Dies zeigte sich sowohl in der Struktur der Oberfläche der Ansiedlungen (hügelig oder eben) als auch in der Struktur und dem Jahreszuwachs der durch diese Alge erzeugten Stromatolithen.

Schlüsselwörter: *Oocardium stratum*, Conjugatophyceae, Kalktuff, Stromatolith, Biofilm, Fließgewässer, Bachstruktur, Bachhydrologie.

ABSTRACT

For the first time the desmid alga *Oocardium stratum* Nägeli, 1849 (Conjugatophyceae, Desmidiáles) was found in the region of Württemberg (Germany). This alga is the only desmid species that contributes to the formation of spring-associated limestone (SA; calcareous tufa). Field observations in three small tributary streams of the Wolfegger Ach (Germany, Swabian Prealps) revealed this alga as being adapted to a great degree to the hydrology and structure of its habitat. This was manifested as well by the surface structure of the colonies as by the structure of the stromatolites.

Keywords: *Oocardium stratum*, Conjugatophyceae, spring associated limestone, stromatolite, biological felt, running waters, stream structure, stream hydrology.

1. EINLEITUNG

Oocardium stratum ist die einzige Zieralge (Desmidiáles), die sich am Prozess der Bildung von Kalktuff¹ (SAL *spring-associated limestone*) beteiligt. Die Art ist zwar weltweit verbreitet, durch ihre Bindung an Fließgewässer, in denen Kalkabscheidung erfolgt, jedoch nur sporadisch anzutreffen. Während WALLNER (1936) im bayerischen Alpenvorland bereits 43 Vorkommen von *Oocardium* bekannt waren

¹ Der Begriff „Kalktuff“ wird hier im Sinne eines porösen schwach verfestigten Kalksteins, der im Bereich von Quellen und den anschließenden Bächen abgelagert wird, gebraucht.

und diese Art schon von ihrem Erstbeschreiber C. NÄGELI (1849) in Bächen der Umgebung von Zürich gefunden wurde, wurden im schwäbischen Alpenvorland bisher nur zwei kleine Ansiedlungen dieser Zieralge nachgewiesen: MATTERN (1970) berichtete: „Bei cursorischer Prüfung der Bäche im kalkreichen Molassesandstein im Bereich des Überlinger Sees, im Hödinger Tobel an Tuffstellen und im Bach des Teufelstals gegenüber Sipplingen auf Zweigen und Steinen in sehr bescheidener Menge gefunden“. Umso bemerkenswerter ist nun die Tatsache, dass *Oocardium* im Tobel der Wolfegger Ach in Oberschwaben in mehreren kleinen in die Ach mündenden Bächen nachgewiesen werden konnte. Alle diese Bäche entspringen an der Basis der kalkreichen Jungmoränensedimente und zeigen starke Kalkablagerungen. Am bekanntesten ist das mächtige Kalktufflager von Weißenbronnen, welches seit dem Mittelalter bis ins 20. Jahrhundert hinein zur Gewinnung von Werksteinen und Mörtel abgebaut wurde (WERNER et al. 2014; GRÜNINGER & GÜNZL 2016).

2. BAU DER ZELLE UND WACHSTUM

Oocardium lebt im Biofilm² auf Kalkgestein. Wie bei allen Zieralgen besteht die Wand der *Oocardium*-Zelle (**Tafel 1a**) aus zwei Hälften, die in einer Furche aneinanderstoßen. In jeder Zellhälfte liegt ein Chloroplast mit einem Pyrenoid. Durch Poren in der Zellwand werden Schleimfäden abgeschieden (ROTT et al. 2010; SCHAGERL & WUKOWITZ 2014), die zu einem am Untergrund haftenden Stiel verschmelzen. Die Oberflächenstruktur dieses Stiels senkt die energetische Barriere der Keimbildung und löst dadurch bei Kalk-Übersättigung den Kristallisationsprozess aus (SCHAGERL & WUKOWITZ 2014). In dessen Verlauf entsteht eine mit Gallerte gefüllte Kalkröhre, an deren Ende sich die *Oocardium*-Zelle befindet. Das Längenwachstum erfolgt am Röhrenende, wobei die Kristallbildung je nach Standort unterschiedlich verläuft (SANDERS & ROTT 2009; ROTT et al. 2012). Da nach jeder Zellteilung zwei neue Kalkröhren gebildet werden, entsteht im Laufe des Wachstums ein fächerartig verzweigtes Kalkskelett (**Tafel 1b**). Eine *Oocardium*-Ansiedlung (**Tafel 1c**) setzt sich also aus dicht stehenden „Klonbäumchen“ zusammen. Die Hohlräume zwischen den Bäumchen werden allmählich durch sekundäre Kalkablagerungen mehr oder weniger ausgefüllt (**Tafel 1d**). Zu Beginn jeder Wachstumsperiode entwickeln sich aus überwinternden Einzelzellen neue Klonbäumchen. Noch unbesiedelte Substrate, die aber bereits eine Kalkschicht aufweisen müssen, werden durch Wanderzellen (**Tafel 1e**), die schon WALLNER (1935) eingehend beschrieben hat, rasch überwachsen. Durch die im Jahresrhythmus neu entstehenden Schichten können sich dicke Kalkkrusten (Stromatolithe) bilden, wie die prächtigen steinernen Gardinen, die von einer 40 m hohen Wand des Tobels der Subersach bei Lingenau (Vorarlberg) herab hängen, besonders eindrucksvoll zeigen.

² Biofilme (Biologische Rasen) überziehen alle limnischen Substrate. Es handelt sich um Lebensgemeinschaften von Mikroorganismen, deren Stoffwechsel durch eine extrazelluläre Schleimschicht vermittelt wird.

3. UNTERSUCHTE GEWÄSSER

In Bächen, deren Wasser in kalkreichem Gestein mit Kohlendioxid (CO_2) und Kalziumhydrogenkarbonat ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) angereichert wurde, kommt es nach dem Quellaustritt zur Abscheidung von Kalk (CaCO_3). Ursache dafür ist hauptsächlich die durch Druckentlastung erfolgende CO_2 -Ausgasung, während der photosynthetische CO_2 -Entzug durch Pflanzen, Algen und Cyanobakterien eine nur geringe Rolle spielt (MERZ-PREISS & RIDING 1999; ARP et al. 2010). Dadurch verschiebt sich im Bachverlauf das Gleichgewicht des Karbonatsystems in Richtung des Kalziumkarbonats. Wegen der geringen Löslichkeit dieser Verbindung einerseits und der energetischen Kristallisationsbarriere andererseits nimmt die Übersättigung im Wasser und damit auch im Biofilm rasch zu und erreicht bei einem pH-Wert von 8,3 ihren Gipfel. Hier beginnt bei etwa 10facher Übersättigung (SI-Calcit 0,9-1,1) im Bachbett die Kalkabscheidung. Dadurch sinkt bachabwärts die Kalzium-Konzentration, ein Vorgang, der sich auch in der Abnahme der Wasserhärte widerspiegelt (Abb. 1).

In die vorliegende Untersuchung wurden zwei Bäche einbezogen, deren Quellen im Abstand von 20 m auf einer Hangterrasse südlich des Weilers Neuforst entspringen. Der von der Quelle aus gesehen rechte Bach (Tafel 2a) wird im Folgenden mit **Br**, der linke (Tafel 2c) mit **Bl** bezeichnet. Die beiden Bäche sind etwa 62 m lang und haben ein durchschnittliches Gefälle von etwa 55%. Beide fließen zum größten Teil durch Laubwald. Nur im wenige Meter langen Endabschnitt verlaufen sie in künstlich offen gehaltenen Gerinnen auf einer von Gehölz freien Böschung. Die Wasserführung ist sehr gering, sodass der Gerinneboden von **Br** nur flach überrieselt wird. **Bl** hat über die gesamte Länge eine steinerne Rinne ausgebildet (Tafel 2c). (Längsprofil und Messdaten von **Br** siehe Abb. 1)

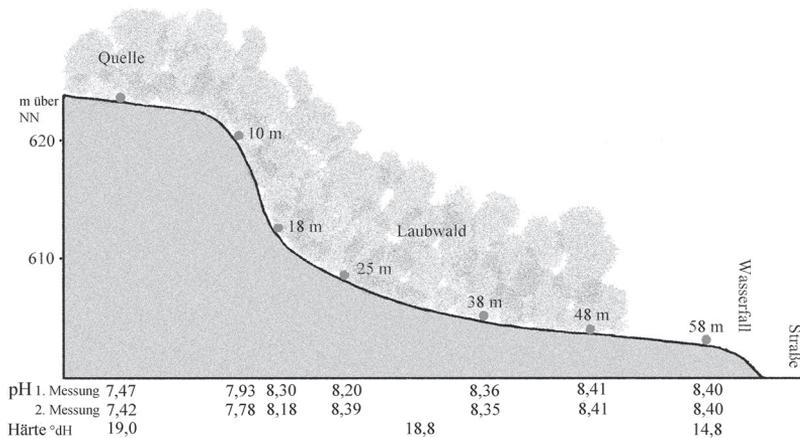


Abb. 1: Hydrochemische Daten von **Br**. pH: 1. Messung am 29.03.17; 2. Messung am 10.05.17 nach einer längeren Regenperiode. Härte: Messung am 14.09.16. Die pH-Messungen erfolgten mit einer Glaselektrode, die Härte-Messungen mit einem Reagenziensatz der Firma Merck „Gesamthärte-Test“.

Ebenfalls berücksichtigt wurden zwei Abschnitte eines südlich von Alttann entspringenden, kanalartig ausgebauten, ca. 600 m langen Baches (**Tafel 2c, d**), welcher der Wasserversorgung eines Fischweihers dient. Er erhält zusätzlich über seine gesamte Länge hinweg Wasser aus zahlreichen kleinen, auf der Bergseite entspringenden Quellen, durch welche die Uferböschung oft breitflächig überrieselt wird. In seinem unteren, etwa 300 m langen und ca. 40-50 cm breiten Abschnitt (**Ku** in **Tafel 2d**) verläuft der Kanal fast hangparallel. Hier ist das Gefälle gering, die Wasserführung aber wesentlich größer als in den Bächen **B**. Die Sohlenstruktur wird durch Laub, Sand und Geröll bestimmt. Der bergwärts anschließende obere Abschnitt (**Ko** in **Tafel 2e**) hat ein schmäleres Profil, eine sehr starke Sohlenstrukturierung (anstehendes Gestein) und ein wesentlich größeres Gefälle.

4. BEOBACHTUNGEN ZUR ÖKOLOGIE VON *OOCARDIUM*

Die untersuchten Bäche weisen hinsichtlich der Besiedlung durch *Oocardium* deutliche Unterschiede auf. In **Bl** (**Tafel 2c**) wurden keine *Oocardium*-Ansiedlungen gefunden. Allerdings weist der Fund von Wanderstadien (**Tafel 1e**) in diesem Bach darauf hin, dass auch hier *Oocardium* in sehr geringer Dichte vorkommen muss. In **Br** beginnt die Kalkabscheidung durch Moose und durch die Trichome von *Phormidium incrustatum*, einem Cyanobakterium (**Tafel 6a1**) 10 m unterhalb der Quelle bei pH 7,9 (**Abb. 1**). Die Besiedlung durch *Oocardium* setzt aber erst in einem Quellabstand von 18 m (pH 8,3) im Bereich des stärksten Gefälles ein. Von hier aus reicht die Besiedlung des Bachbettes durch diese Alge bis zum Bachende. In die letzten 2 m ist ein kleiner, etwa 90 cm hoher Wasserfall eingeschaltet, der 2016 durch besonders üppige sommerliche *Oocardium*-Entwicklung auffiel (**Tafel 2b**). Der Gewässerboden von **Ku** ist (bei pH-Werten von 8,0-8,3) vor allem in jenen Teilen des Kanals, die durch Lücken in der südlich anschließenden Bewaldung besser besonnt werden, durch *Oocardium* stark besiedelt. Diese Tatsache, wie auch die Lage des üppig bewachsenen Wasserfalls im waldfreien Endabschnitt von **Br**, lenken den Blick auf die mögliche Bedeutung des Lichtes im Konkurrenzverhalten von *Oocardium* und *Phormidium* (siehe Diskussion).

Besonders interessant sind auffällige Unterschiede in der Oberflächenstruktur zwischen den *Oocardium*-Ansiedlungen in **Ku** einerseits und **Br** und **Ko** andererseits: Während in **Ku** die Oberfläche durch Aufwölbungen hügelig erscheint („Blumenkohlstruktur“, **Tafel 1c**) und die Röhrenenden (und damit auch die Zellen) auf den Hügel sehr dicht stehen, sind in **Br** und **Ko** die Hügel höchstens schwach entwickelt und die Röhren sind lockerer angeordnet (**Tafel 3b** bzw. **5a1**). Für die Einebnung der Oberfläche sind vermutlich primär die verschiedenen Strömungsverhältnisse in den Untersuchungsgewässern verantwortlich (siehe Diskussion), jedoch können noch andere, die Oberfläche formende Faktoren mitwirken. So sind die Ansiedlungen von *Oocardium* besonders in **Br** oft durch die Wohnröhren von Chironomiden-Larven gestört (**Tafel 3a**), wodurch das Wachstum behindert wird. Eis und Schnee können im Winter im nur dünn überrieselten Bach **Br** den Biofilm beschädigen, und Starkregen kann zu allen Jahreszeiten

an allen Standorten nicht nur mechanisch durch den verstärkten Transport von Feinsand aus den Moränensedimenten die Oberfläche abschleifen (das Bachsediment enthält u.a. Quarzkörner!), sondern außerdem chemisch durch die Verschiebung des Karbonatgleichgewichts unter den Sättigungswert des Kalkes die Korrosion des Skeletts auslösen (vgl. LINHART & SCHAGERL 2015).

Eine Stagnation des *Oocardium*-Wachstums während der kalten Jahreszeit und die Reduktion der Ansiedlungen in dieser Zeit zeigten sich vor allem in **Br** (vgl. LINHART & SCHAGERL 2015). Hier waren Prozesse der Kalkauflösung und Rekrystallisation besonders deutlich erkennbar. Noch im Mai war die Oberfläche der Kolonien weitgehend von groben sparitischen Kalkkristallen bedeckt während *Oocardium* kaum erkennbar war. Welchen Einfluss die den Biofilm in **Br** im Winter dicht besiedelnden Diatomeen auf die genannten Vorgänge haben, bleibt unklar. In **Ko** hatte dagegen das Koloniewachstum bereits großflächig begonnen (Tafel 5a). In **Ku** waren im Hügelverband zwar Lücken entstanden (Tafel 5b), in diesen hatten aber *Oocardium*-Gruppen bereits wieder zu wachsen begonnen. Die kräftig grüne Färbung an Teilen der noch vorhandenen Hügel wies außerdem darauf hin, dass sich auch die in die Hügel integrierten Zellen am erneuten Wachstum beteiligen (Tafel 5b1). Eine scharfe Grenze zwischen den Jahresschichten kann bei dieser Wuchsform also wohl nicht erwartet werden.

Deutliche Unterschiede zeigen auch die Vertikalprofile der drei Standorte³: In **Br** weisen die häufigen Unregelmäßigkeiten in der Jahresschichtung auf die starken Auswirkungen der oben genannten Störfaktoren hin (Tafel 3a). Wesentlich geringer sind diese Störungen in **Ko**. Am auffälligsten ist hier der viel dichtere und stark sparitisch veränderte Kalk, der schon einem Travertin ähnelt. Wie die braune Verfärbung an der Basis der neuen *Oocardium*-Schicht zeigt (Tafel 4a), setzt bereits im ersten Jahr die Rekrystallisation ein, wodurch ein hyaliner brauner Kalk entsteht, in dem die fächerförmige Struktur der Klonbäumchen erkennbar bleibt. Anders als in **Br**, in dem die Schichtdicke des Stromatolithen zwischen 1 und 2 mm beträgt (Tafel 3a), kann in **Ko** nach dem vorliegenden Material der Jahreszuwachs 5 mm überschreiten (Tafel 4a). Ganz anders verläuft das Wachstum der Kolonien in **Ku** (Tafel 4b, c). Hier bewahren die im Gegensatz zu **Br** und **Ko** kompakter gebauten und eine Höhe >2 mm erreichenden Klonbäumchen während des Wachstums weitgehend ihre Selbstständigkeit und bilden so die Hügelstruktur aus. Bemerkenswert ist, dass sich in **Ku** eine Jahresschichtung selten und dann nur andeutungsweise finden ließ (Tafel 4b, c) (siehe Diskussion).

5. DISKUSSION

In den Waldbächen West- und Mitteleuropas, welche die oben für die Untersuchungsgewässer beschriebenen hydrochemischen Eigenschaften aufweisen, dominiert das Cyanobakterium *Phormidium incrustatum* Gomont ex Gomont (Tafel

³ Die Vertikalschnitte wurden mit Hilfe einer Diamant-Trennscheibe mit einem Durchmesser von 5 cm an getrocknetem Material hergestellt und auf einem sehr feinen Schleifstein und mit einer rotierenden Filzscheibe nachgearbeitet.

6a) (FREYET & PLET 1996; MERZ-PREISS & RIDING 1999; PENTECOST 2003, 2005; ARP et al. 2010). Dies gilt auch für die an den Hängen des Achtobels entspringenden Bäche, wie **Bl** (Tafel 2c) durch seine, über die gesamte Länge reichenden Kalkablagerungen von *Phormidium* beispielhaft zeigt. Wenn, wie oft zu beobachten ist, *Oocardium* und *Phormidium* mosaikartig ineinander siedeln (Tafel 6b), wird die Konkurrenzsituation zwischen den beiden Arten besonders deutlich. Damit stellt sich die Frage, unter welchen Bedingungen es *Oocardium* gelingt, *Phormidium* zu verdrängen. *Phormidium* besitzt wie alle Cyanobakterien die Fähigkeit, aktiv Kohlenstoff in die Zelle aufzunehmen (CCM, *carbon concentrating mechanism*), wodurch es ihm möglich wird, selbst noch bei fehlendem CO₂ (pH-Wert >8,3) durch die Nutzung des HCO₃⁻-Ions eine positive Photosynthese-Bilanz zu erreichen (MILLER et al. 1990; SINGH et al. 2014). Nun weisen SCHAGERL & WUKOVITZ (2014) zwar darauf hin, dass die bei *Oocardium* besonders großen Pyrenoide ebenfalls für die Existenz eines CCM sprechen. Dieser rein intrazelluläre Mechanismus dient jedoch lediglich dazu, die Rückdiffusion des CO₂ aus der Zelle zu verringern, um so die Effektivität der Photosynthese zu steigern. Da *Oocardium* jedoch HCO₃⁻ nicht nutzen kann und die Aufnahme von CO₂ in die Zelle rein diffusiv erfolgt, vermuten SCHAGERL & WUKOVITZ, dass *Oocardium* lediglich an Stellen mit höherer CO₂-Konzentration, aber immer noch ausreichend hoher Kalkübersättigung konkurrenzfähig ist. Sie nennen dafür zwei Möglichkeiten: 1. Starke Turbulenz und deshalb hoher Gasaustausch zwischen Wasser und Luft und 2. Zufluss von CO₂-reichem Grundwasser.

Für die Bevorzugung von Stellen mit intensivem Gasaustausch zwischen Wasser und Luft spricht die Beobachtung von LINHARDT & SCHAGERL (2015), dass sich *Oocardium* hauptsächlich an den Kaskaden an der Mündung ihres Untersuchungsgewässers angesiedelt hatte, für die eine stark turbulente Strömung kennzeichnend war. In dazwischen liegenden Tümpeln fehlte die Alge. Auch der kurze, steil abfallende Bach **Br** kann insgesamt als Kaskade aufgefasst werden, da hier eine dünne Wasserschicht den Boden turbulent überrieselt. Die üppige Besiedlung im Bereich des kleinen Wasserfalls von **Br** (Tafel 2b) weist ebenfalls darauf hin, dass stark turbulente Bereiche das Koloniewachstum von *Oocardium* fördern. Durch das an diesem kleinen Wasserfall versprühte Wasser konnte sich diese Alge sogar noch an benachbarten Grashalmen ansiedeln. In **Ko** fließt viel mehr Wasser als in **Br**, und die höhere Fließgeschwindigkeit sowie die ausgeprägte Sohlenstruktur bewirken eine wesentlich stärkere Turbulenz, sodass dieser Abschnitt noch idealere „Kaskadenbedingungen“ aufweist. Der größere Jahreszuwachs belegt, dass in **Ko** die ökologischen Bedingungen mindestens sehr nahe am Optimum von *Oocardium* liegen. Die oben genannten Zuwachsraten von 5 mm und mehr reichen an die Werte, die SANDERS & ROTT (2009) und LINHARDT & SCHAGERL (2015) ebenfalls an Kaskaden gefunden haben, durchaus heran.

Nicht zu übersehen ist jedoch, dass auch in **Ku**, der eher den Charakter eines Baches mit vorherrschend laminarer Strömung und geringer Sohlenrauheit hat, *Oocardium* gut wächst. In diesem Kanalabschnitt könnte jedoch der oben er-

wähnte Zustrom von CO₂-reichem Grundwasser die Ansiedlung von *Oocardium* erleichtern, da hier am steilen Hang vielfach der Grundwasserstrom angeschnitten wird. Die Ausbildung der Blumenkohlstruktur unter den wenig turbulenten Bedingungen widerspricht allerdings der Beobachtung von WALLNER (1933), nach der die kugeligen Vorwölbungen umso ausgeprägter sind je stärker die Strömung ist. Jedoch sind an Kaskaden mit festem Siedlungsgrund bei geringer Wasserbedeckung wohl eher die oben genannten Störfaktoren für die Ausbildung einer ebenen Oberfläche verantwortlich, während bei starker Strömung eine Verminderung der Scherwirkung von größerer Bedeutung ist. Bei schwacher Strömung und vorherrschender Sedimentation erzwingt dagegen wahrscheinlich der instabile Gewässerboden eine besondere Wachstumsstrategie. Blätter, Sand und Gerölle bieten kaum langfristige Siedlungsmöglichkeiten, sodass es vorteilhafter sein könnte, durch die Vergrößerung der Oberfläche durch Hügelbildung und eine besonders dichte Anordnung der Zellen die Produktion von Wanderzellen zu erhöhen. WALLNER (1935) hat eindrucksvoll beschrieben, mit welcher hoher Geschwindigkeit in mehreren Bächen in Oberbayern, die durch Hochwasser ihren *Oocardium*-Bewuchs verloren hatten, die Rückbesiedlung erfolgte. Eine Strategie, die auf langfristige und großflächige Ansiedlungen an einer Stelle setzt, welche die Ausbildung vielschichtiger Stromatolithen zur Folge hat, ist unter diesen Bedingungen wohl nicht erfolgreich.

Oocardium erweist sich nach den vorliegenden Untersuchungen als flexible Art, die ihren Wachstumsmodus an sehr verschiedene Gegebenheiten des Lebensraumes anpassen kann. Das Fehlen von *Oocardium*-Ansiedlungen in vielen, in den Schottern und Sedimenten des Jungmoränengebietes entspringenden Bächen gibt jedoch noch Rätsel auf. Hier könnten vielleicht genauere Untersuchungen zum Lichtangebot weiterhelfen, auf dessen mögliche Bedeutung oben schon hingewiesen wurde. Als Schattenart verliert *Phormidium*, wie PENTECOST (2005: 182) berichtet, bei starker Besonnung seine Vorherrschaft und ermöglicht dann die Ausbreitung von Moosen. Diese Eigenschaft könnte auch *Oocardium* die Ansiedlung erleichtern. Eine genauere Erfassung chemischer Daten von besiedelten und nicht besiedelten Bächen wäre möglicherweise ebenfalls hilfreich.

DANKSAGUNG

Ganz herzlichen Dank möchten wir den beiden Freunden sagen, die uns in das Untersuchungsgebiet eingeführt haben: HANS-JOACHIM REIFF, Tal (Geologie) und DIETMAR SCHILLIG, Weingarten (Geographie). Dank auch an RICHARD ABRAHAM, Chedworth. Er korrigierte den Abstract.

LITERATUR

ARP, G., BISSETT, A., BRINKMANN, N., COUSIN, S., DE BEER, D., FRIEDL, TH., MOHR, K. I., NEU, TH. R., REIMER, A., SHIRAIISHI, F., STACKEBRANDT, E. & B. ZIPPEL (2010): Tufa-forming biofilms of German karstwater streams: microorganisms, exopolymers, hydrochemistry and calcification. – In: PEDLEY, H. M. & M. ROGERSON (eds): Tufas and Speleothems:

Unraveling the Microbial and Physical Controls. – Geological Society, London, Special Publications, **336**: 83–118.

FREYET, P. & A. PLET (1996): Modern Freshwater Microbial Carbonates: The *Phormidium* Stromatolites (Tufa-Travertine) of Southeastern Burgundy (Paris Basin, France). – *Facies*, **34**: 219–238.

GRÜNINGER, W. & H. GÜNZL (2016): Kalktuffbildung in Weißenbronnen unter Mitwirkung der Eiherz-Alge (*Oocardium stratum*). – *Oberschwaben naturnah. Jahresheft 2016*: 36–41, Bund Naturschutz Oberschwaben e. V. und Naturschutzzentrum Wurzaicher Ried.

LINHART, C. & M. SCHAGERL (2015): Seasonal succession of the travertine-forming desmid *Oocardium stratum*. – *J. Phycol.*, **51**: 1055–1065.

MATTERN, H. (1970): Beobachtungen über die Algenflora im Uferbereich des Bodensees (Überlinger See und Gnadensee). – *Arch. Hydrobiol./Suppl.*, **37**: 1–163.

MERZ-PREISS, M. & R. RIDING (1999): Cyanobacterial tufa calcification in two freshwater streams: ambient environment, chemical thresholds and biological processes. – *Sedimentary Geology*, **126**: 103–124.

MILLER, A. G., ESPIE, G. S. & D. T. CANVIN (1990): Physiological aspects of CO₂ and HCO₃⁻ transport by cyanobacteria: a review. – *Canadian Journal of Botany*, **68** (6): 1291–1302.

NÄGELI, C. (1849): Gattungen einzelliger Algen physiologisch und systematisch bearbeitet. S. 74–76, Tab. IIIA. – Friedrich Schulthess (Zürich).

PENTECOST, A. (2003): Taxonomic identity, ecology and distribution of the calcite-depositing cyanobacterium *Phormidium incrustatum* (Oscillatoriaceae). – *Cryptogamie, Algol.*, **24** (4): 307–321.

PENTECOST, A. (2005): *Travertine*. 445 S. – Springer-Verlag (Berlin, Heidelberg).

ROTT, E., HOLZINGER, A., GESIERICH, D., KOFLER, W. & D. SANDERS (2010): Cell morphology, ultrastructure, and calcification pattern of *Oocardium stratum*, a peculiar lotic desmid. – *Protoplasma*, **243**: 39–50.

ROTT, E., HOTZY, R., CANTONATI, M. & D. SANDERS (2012): Calcification types of *Oocardium stratum* Nägeli and microhabitat conditions in springs of the Alps. – *Freshwater Science*, **31**: 610–624.

SANDERS, D. & E. ROTT (2009): Contrasting styles of calcification by the micro-alga *Oocardium stratum* Naegeli 1894 (Zygnematophyceae) in two limestone-precipitating spring creeks of the Alps. – *Austrian Journal of Earth Sciences*, **102**: 24–49.

SCHAGERL, M. & J. WUKOVITS (2014): Cultivation and inorganic carbon uptake of the rare desmid *Oocardium stratum* (Conjugatophyceae). – *Phycologia*, **53**: 320–328.

SINGH S. K., KISHOR, K. & S. SUNDARAM (2014): Photosynthetic microorganisms. Mechanism for carbon concentrating. 123 S. (Springer Briefs in Materials). – Springer-Verlag (Berlin, Heidelberg).

WERNER, W., WITTENBRINK, J., BOCK, H. & B. KIMMIG (2013): *Naturwerksteine aus Baden-Württemberg – Vorkommen, Beschaffenheit und Nutzung*. Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau. 765 S. – Freiburg.

WALLNER, W. (1933): *Oocardium stratum* Nae., eine wichtige tuffbildende Alge Südbayerns. – *Planta*, **20**: 287–293.

WALLNER, W. (1935): Über die Verbreitungsökologie der Desmidiacee *Oocardium*. – *Planta*, **23**: 249–263.

WALLNER, W. (1936): Eine gesteinsbildende Süßwasser-Alge Deutschlands. – *Natur und Volk*, **66**: 85–91.

Adressen der Autoren:

PROF. DR. WERNER GRÜNINGER
Friedrich-Ebert-Straße 46
72762 Reutlingen

DR. HANS GÜNZL
Zeughausgarten 18
72074 Tübingen
Email: hans.guenzl@kabelbw.de

Tafel 1: Merkmale von *Oocardium stratum*. **a.** Zelle mit Chloroplasten und Pyrenoiden. **b.** Sich fächerförmig verzweigendes „Klonbäumchen“. **c.** Durch Zusammenwachsen einzelner *Oocardium*-Hügel entstandener flächiger Bewuchs (**Ku**). **d.** Vertikalschnitt durch eine *Oocardium*-Ansiedlung (**Ku**) zur Demonstration des Kalkskelettes. Das Wachstum beginnt immer auf einer bereits vorhandenen Kalkschicht (*). **e.** *Oocardium*-Wanderzellen haben sich an Trichomen von *Microspora wittrockii* angeheftet.

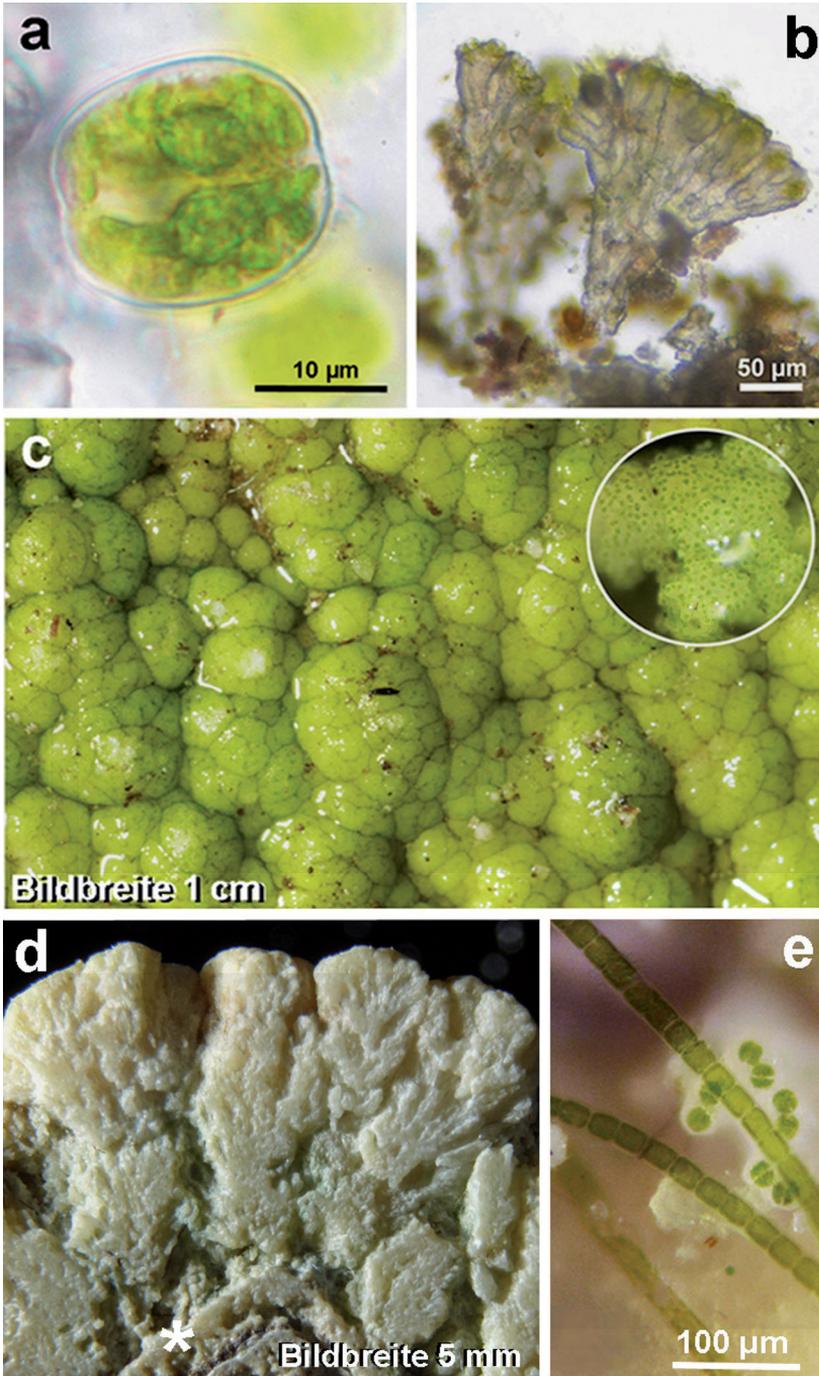
Tafel 2: Die untersuchten Gewässer. **a. Br** (Foto: 29.03.17). **b.** *Oocardium*-Ansiedlung am Wasserfall von **Br** (Foto: 01.09.16). **c. Bl** fließt in einer Steinrinne (Foto: 29.03.17). **d. Ku** (Foto: 01.02.17). **e. Ko** (Foto: 29.03.17). (Die roten Pfeile weisen auf die Lage der Quellen von **Br** und **Bl**.)

Tafel 3: **a.** Vertikalschnitt durch einen Stromatolithen von **Br** (Wasserfall, 01.12.16). Die schwarzen Striche markieren Jahresgrenzen (insgesamt 5 Jahre). Starke Schichtstörungen durch Chironomiden-Röhren (*) und Blätter der Bäume. Der Zuwachs des Jahres 2016 ist noch wenig verkalkt. **b.** Aufsicht auf die *Oocardium*-Ansiedlung (Frischpräparat, 01.12.16). Der Biofilm wurde bereits durch Diatomeen besiedelt.

Tafel 4: Vertikalschnitte durch *Oocardium*-Stromatolithe zur Darstellung des Dickenwachstums. **a. Ko.** Die an der Basis des jüngsten Zuwachses beginnende sparitische Verfestigung (braune Verfärbung) ist gut erkennbar. **b. Ku.** Die in diesem Kanalabschnitt am häufigsten anzutreffende einschichtige Besiedlung. **c. Ku.** Andeutung einer Jahresgrenze.

Tafel 5: Aufnahmen vom 10.05.17 (Frischmaterial). **a.** Aufsicht auf eine Ansiedlung in **Ko** (vgl. **Tafel 4a**). **a1.** zeigt die lockere Anordnung der Klonbäumchen im Biofilm. Sie ähnelt der Anordnung in **Br** (**Tafel 3b**), unterscheidet sich aber von der dichteren Stellung in den Hügeln in **Ku**. **b.** Aufnahme einer Ansiedlung in **Ku**, in der im Winter Lücken entstanden sind. **b1.** zeigt das beginnende Wachstum eines vorhandenen Hügels aber auch deren Neubildung (links daneben).

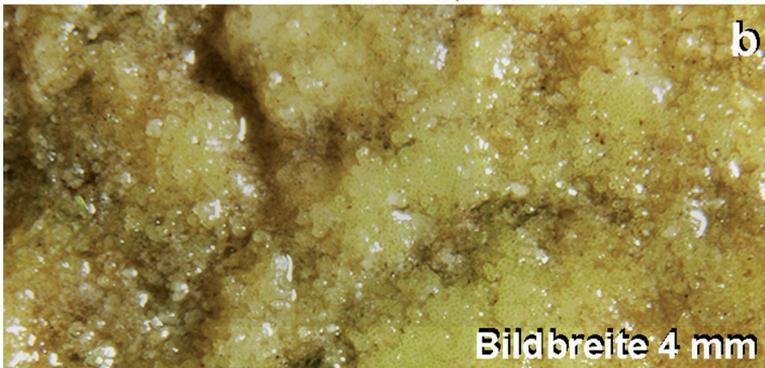
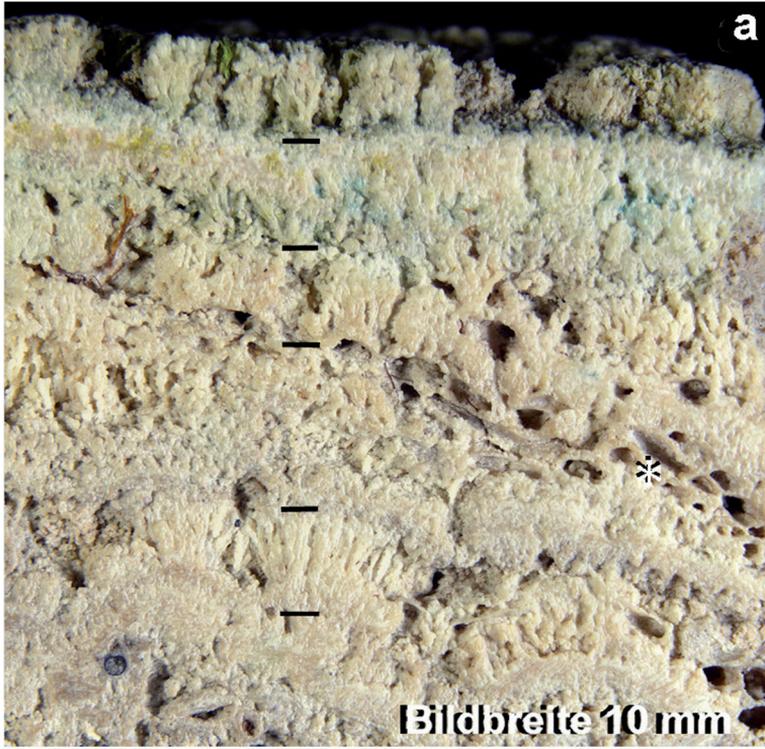
Tafel 6: *Phormidium incrustatum* **a.** Vertikalschnitt durch einen Stromatolithen aus **Bl**. **a1.** zeigt den Vertikalschnitt durch einen frischen Stromatolithen nach leichter HCl-Ätzung. Die blaugrünen Trichome des Cyanobakteriums sind gut erkennbar. **b.** Konkurrenz zwischen *Oocardium* und *Phormidium*. Moosbewachsenes Geröll aus **Ku**.



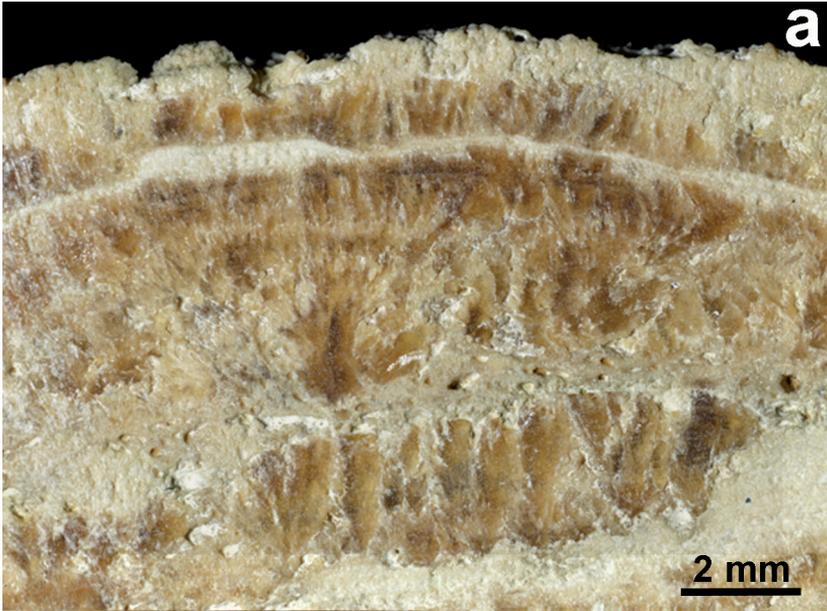
Tafel 1



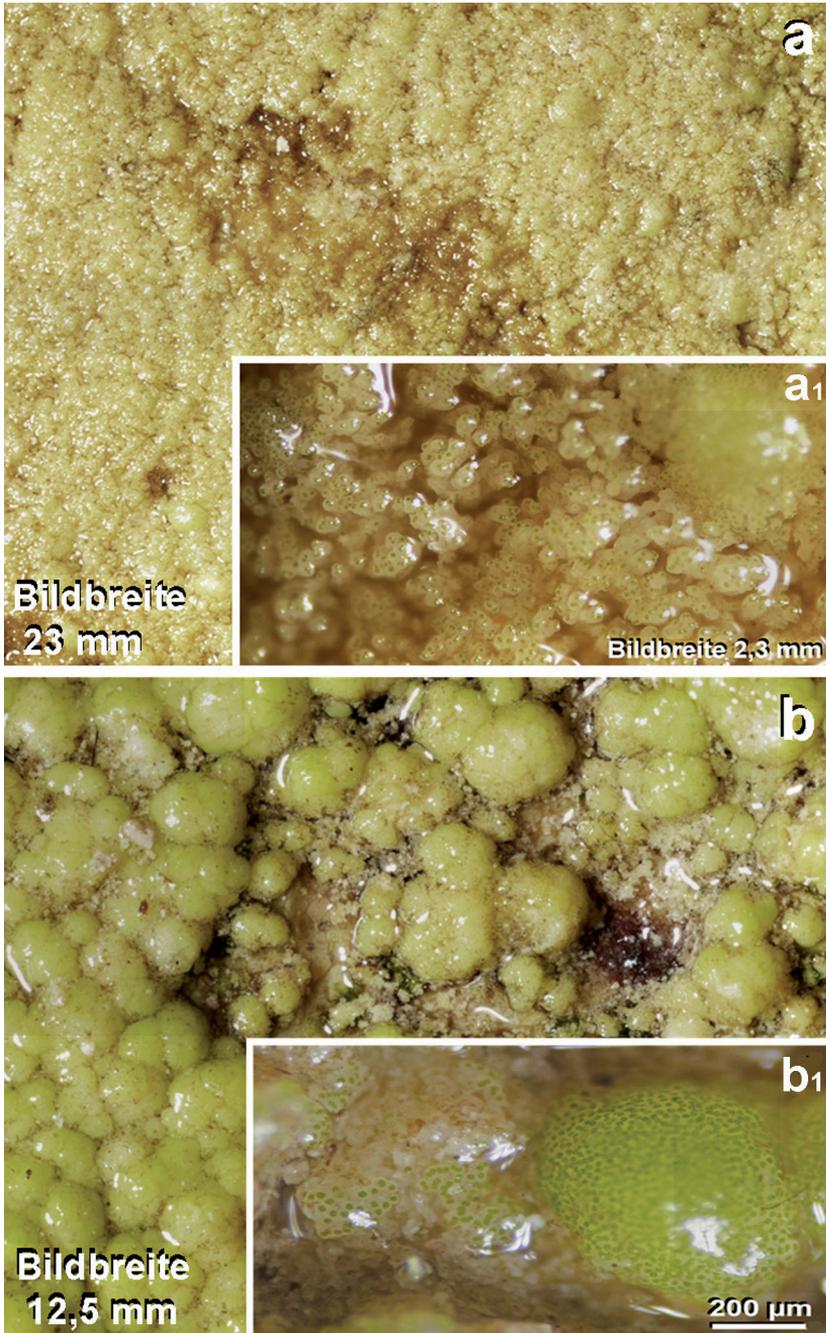
Tafel 2



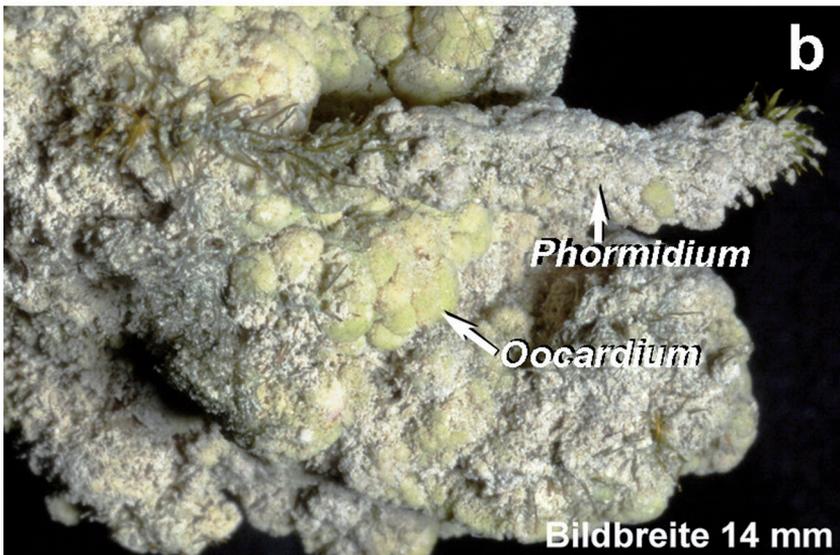
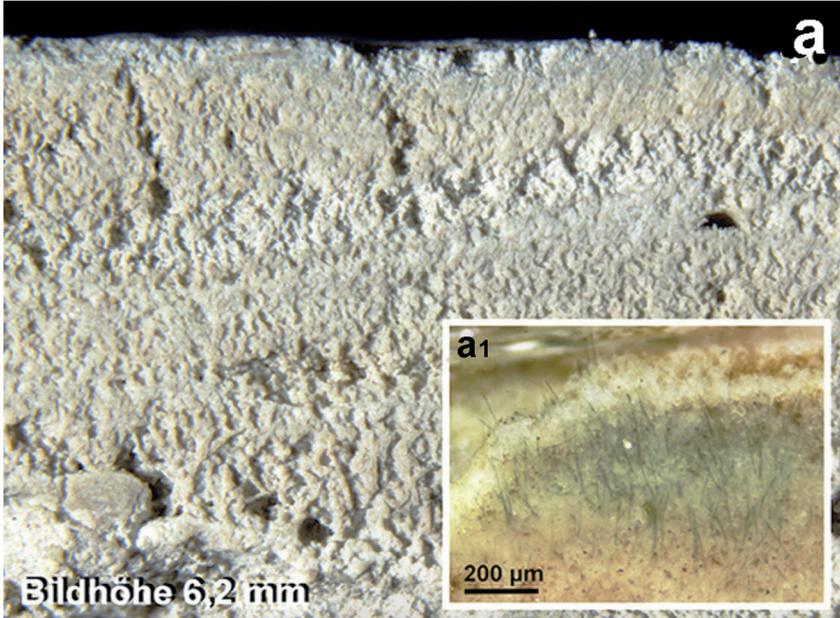
Tafel 3



Tafel 4



Tafel 5



Tafel 6