

Botrydina vulgaris Bréb., eine Lebensgemeinschaft von Moosprotonemen und Grünalgen

Autor(en): **Jaag, Otto**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse**

Band (Jahr): **42 (1933)**

Heft 1

PDF erstellt am: **27.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-28397>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Botrydina vulgaris Bréb., eine Lebensgemeinschaft von Moosprotonemen und Grünalgen.

Von *Otto Jaag*.

(Aus dem Institut für spezielle Botanik der Eidg. Technischen Hochschule
in Zürich.)

Eingegangen am 24. März 1933.

Unter dem Namen *Botrydina vulgaris* beschreibt Brébisson (1844) lebhaft grün gefärbte Ueberzüge von Algen auf den Blättchen verschiedener Moose, sowie auf verfaulenden Holzstücken, feuchten Steinen usw. Unter der Lupe löst sich ein solcher Ueberzug auf in zahlreiche grüne, kugelige oder unregelmässig geformte Gebilde, die oft traubenförmig zusammenhängen und in der Grösse weitgehend verschieden sind. Manche unter ihnen erreichen die Grösse eines Stecknadelkopfes; die meisten sind aber kleiner und selbst mit starker Lupe kaum sichtbar.

Unter dem Mikroskop sind an diesen grünen Klümpchen, für die wir in Anlehnung an den Namen *Botrydina* und auf Grund ihrer manchmal traubigen Form die Bezeichnung « Botrydien » vorschlagen, immer zwei Zonen zu unterscheiden, eine innere lebhaft grün gefärbte und eine farblose äussere Hülle von zellenartigem Bau. Solche *Botrydina*-lager sind für verschiedene Länder Europas angegeben worden und dürften wohl, wenigstens in den gemässigten Zonen, über die ganze Erde verbreitet sein.

Kützing (1845) erwähnt sie ohne Angabe des Fundortes in der « Phycologia Germanica »; Kirchner fand *Botrydina* in Schlesien und E. Acton an verschiedenen Stellen auf den Britischen Inseln. Von Herrn Dr. H. Gams wurde sie mir von mehreren Standorten aus der Gegend von Innsbruck zugestellt. Auch in den Schweizeralpen ist sie keine Seltenheit. *Botrydina* scheint Berggegenden zu bevorzugen und verlangt eine verhältnismässig hohe Feuchtigkeit der Umgebung. Meist ist *Botrydina* zu finden in Moospolstern, und zwar sowohl auf der Erde zwischen den einzelnen Moospflänzchen, als auch auf den Blättchen derselben, die sie oft als dichtes gallertiges Polster überzieht.

Alte und neue Auffassungen über die Natur von Botrydina.

Die Auffassungen über die Natur von *Botrydina* haben durch die verschiedenen Autoren mannigfaltige Umwandlungen erfahren. Brébisson sah darin eine Alge, die er (1844) unter den *Nostochiaceen* einreichte. Rabenhorst (1847) zählte sie zu den *Protococcoideen*,

Kützing (1849), Rabenhorst (1868) und Kirchner (1878) zu den *Palmellaceen*. De Toni (1889) hielt *Botrydina* für « *Hepaticarum Propagula* ».

West (1904) forderte zu einer eingehenden Neubearbeitung der unsichern Gattung auf. Seiner Anregung folgte E. Acton (1909) und erkannte als Ergebnis ihrer Untersuchungen in *Botrydina* eine niedere Flechte, gebildet aus Grünalgen, die die Verfasserin *Coccomyxa subellipsoidea* nannte, und einem Pilz, den sie zu den *Mucedineen* zählte. Seither wird *Botrydina* von den einen Autoren bei den Algen, von den andern bei den Flechten eingereiht.

Auf dieser Grundlage führte ich neue Untersuchungen durch, indem ich *Botrydinamaterial* betrachtete, das einesteils aus den Schweizeralpen stammte, und das mir andernteils von Herrn Dr. Gams, P.-D. an der Universität Innsbruck in freundlicher Weise zugestellt wurde. Meine Darstellung bezieht sich namentlich auf letzteres Material, das von Tufles N. Innsbruck (1060 m ü. M.) stammte. Beim Studium der Algenkomponente der Botrydien konnte fernerhin ein Stamm in die Untersuchung einbezogen werden, den mir Herr Prof. Dr. Pringsheim (Prag) in freundlicher Weise zur Verfügung stellte.

Aus meinen Untersuchungen geht hervor, dass die mir vorliegende *Botrydina vulgaris* Bréb. nicht eine primitive Flechte darstellt, sondern dass es sich in den Botrydien, jenen bekannten grünen Kügelchen von Stecknadelkopfgrosse, um Wucherungen eines Moosprotonemas handelt, in denen Algenzellen vom *Coccomyxa*typus eingeschlossen sind. Von einer Flechte kann in diesem Falle also nicht gesprochen werden.

Es untersteht keinem Zweifel, dass mir richtiges *Botrydinamaterial* vorlag; dieses stimmt in allen Punkten überein mit dem, was unter diesem Namen beschrieben wurde. Wenn ich dennoch heute meine Auffassung über die Natur von *Botrydina* vorerst auf das von mir beobachtete Material beschränke und noch nicht auf die Gattung im allgemeinen ausdehnen möchte, so tue ich dies in der Absicht, zunächst noch weitere Proben, die aus möglichst verschiedenen Gegenden stammen, zu untersuchen, um alsdann die Frage endgültig zu entscheiden, wie weit meiner Auffassung allgemeine Gültigkeit zukommt. Es scheint mir freilich wahrscheinlich, dass auf Grund weiterer Nachforschungen die hier vertretene Ansicht über die Protonema-Algenatur von *Botrydina vulgaris* verallgemeinert werden kann. In bezug auf das mir vorliegende Material hoffe ich, im folgenden den Beweis hierfür erbringen zu können.

Herkunft des Untersuchungsmaterials.

E. Acton sammelte ihr *Botrydinamaterial* auf dem Gametophyten verschiedener Laub- und Lebermoose. Welche Moosgattungen der Verfasserin vorlagen, geht leider aus ihrer Darstellung nicht hervor. Es

wäre interessant gewesen, diese Trägerpflanzen zu kennen, namentlich mit Hinsicht auf die Frage der Spezifität und der Biologie von *Botrydina*. Ueber die Herkunft des Materials schreibt die Verfasserin (l. c. S. 580): «The specimens of *Botrydina* examined were growing indiscriminately amongst a Moss and a Hepatic, covering the shoots with

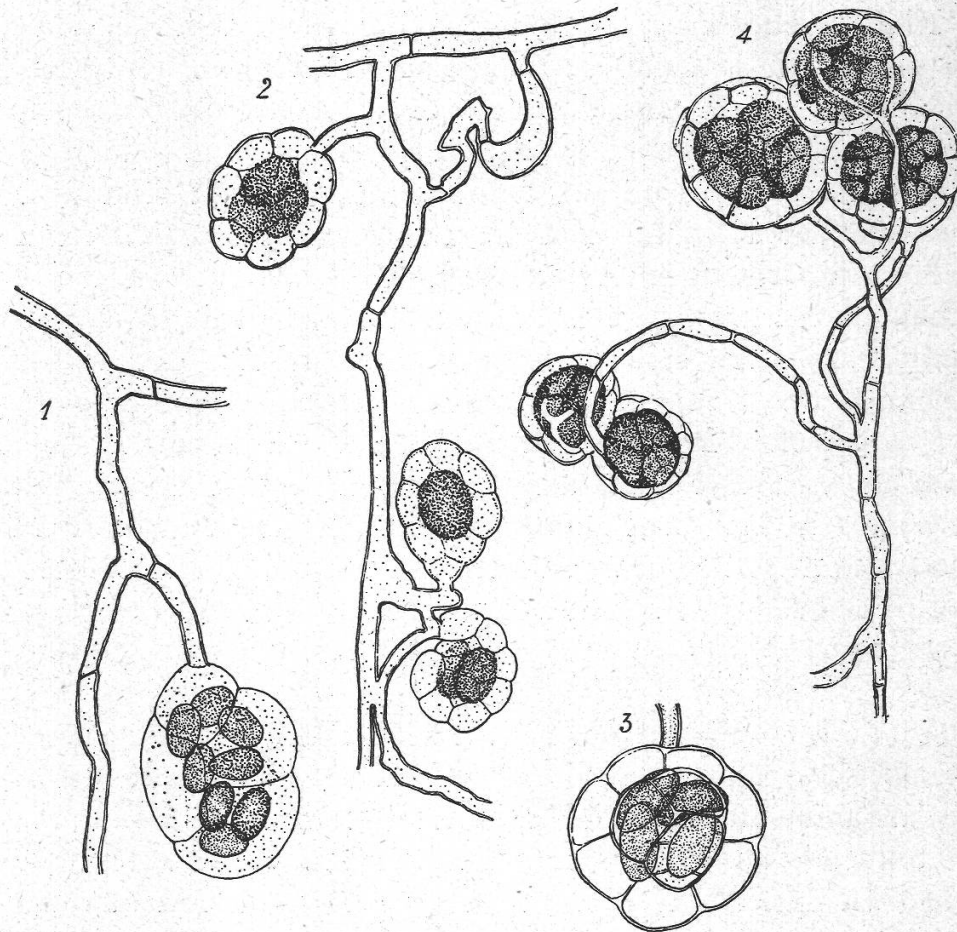


Fig. 1.

Botrydina vulgaris Bréb. Botrydien in verschiedener Zahl an den Verzweigungen der Protonemafäden hängend.

1—2 jüngere, 3—4 ältere Stadien.

a layer of dark green globular structures just visible to the naked eye. So freely was it growing that it was often difficult to distinguish the individual leaves of the Bryophyte. The *Botrydina* was firmly attached in some way to the shoots, and appeared to bind the leaves together by its growth. »

In dem von mir untersuchten Material wucherte *Botrydina* üppig auf den Polstern des Mooses *Georgia (Tetraphis) pellucida* L. Dieses Moos vegetiert selbst saprophytisch auf faulendem Holz und verbreitet sich sowohl durch Sporen als auch durch Propagula, die in grosser Zahl in gestielten Becherchen enthalten sind. Es ist nach einer Mitteilung von Herrn Dr. J. Amann (Lausanne), dessen Freundlichkeit

ich die Bestimmung des Mooses verdanke, ausgesprochen kalkfliehend, besser gesagt oxyphil (pH ungefähr 6.0).

Die Botrydien kleben einzeln, zu wenigen vereinigt oder Ketten und Trauben bildend an Stiel und Blättchen der Moospflänzchen. Sie überziehen weiterhin das Substrat, das sie mit einem lebhaft grün gefärbten Ueberzug bedecken und aus dem nur die Moosstiele herausragen. Nicht weniger üppig ist die nackte, nicht von Moos bestandene Oberfläche des faulenden Holzstückes von *Botrydina* überzogen. Unter dem Mikroskop findet man darin die Botrydien eingeschlossen in dem reichverzweigten Geflecht grüner Protonemafäden der genannten Moose, deren Sporen ebenfalls zahlreich eingestreut sind und sich in allen Stadien der Keimung zeigen. Bringt man *Botrydina* auf seinem natürlichen Substrat in feucht gehaltene Glasschalen, so orientieren sich die grünen Fäden nach dem Lichte zu, überziehen die senkrechte Glaswand und vermehren sich verhältnismässig rasch. Immer findet sich dieser kleinen Pflanzengemeinschaft auch eine bestimmte *Chlamydomonas*art beigemischt. Da, wie ich aus den Figuren von E. A c t o n zu ersehen glaube, dieser Organismus auch dem von dieser Verfasserin beschriebenen Material beigemischt war, so scheint mir in diesen Moos-*Botrydinar*asen eine, wenn auch auf wenige Vertreter beschränkte, konstante Pflanzengesellschaft vorzuliegen.

Versuche und Versuchsergebnisse früherer Autoren.

E. A c t o n begnügte sich nicht mit der Beobachtung des Materials *in situ*; sie legte auch Kulturen an in Petrischalen, die sie teils mit Peptonagar, teils mit Knopscher mineralischer Nährlösung beschickte. Zwar boten sich anfänglich Schwierigkeiten: « These (cultures) were all overgrown by moulds and bacteria, and at the end of July a fresh series of cultures was made, taking every possible precaution to obtain them pure. Hanging drops were made in water and Knop's solution; in the majority of these the *Botrydina* turned brown and died in a few days, evidently killed by the active development of fungal hyphae. In other cases the cover-glass soon swarmed with a small unicellular green alga the active growth of this preventing the development of *Botrydina*. Two cultures were made in 0.25 per cent Knop's solution. In both cases there was at first a slight development of a fungus, but this soon ceased and a green alga appeared. One culture consisted mainly of *Stichococcus flaccidus*, a subareal alga which was evidently present among the original tufts of moss; but the other, after a period of fourteen days was practically a pure culture of the unicellular green alga which had appeared in the hanging drop cultures. There appeared to be no development of *Botrydina* either.

Finally cultures were made in Petri-dishes on 3 per cent agar dissolved in 0.25 per cent Knop's solution. In these the *Botrydina* lived

for some time seemingly unchanged, though as before some cultures developed a fungus and others a unicellular green alga. In one case only were there any signs of multiplication of the *Botrydina*. In this

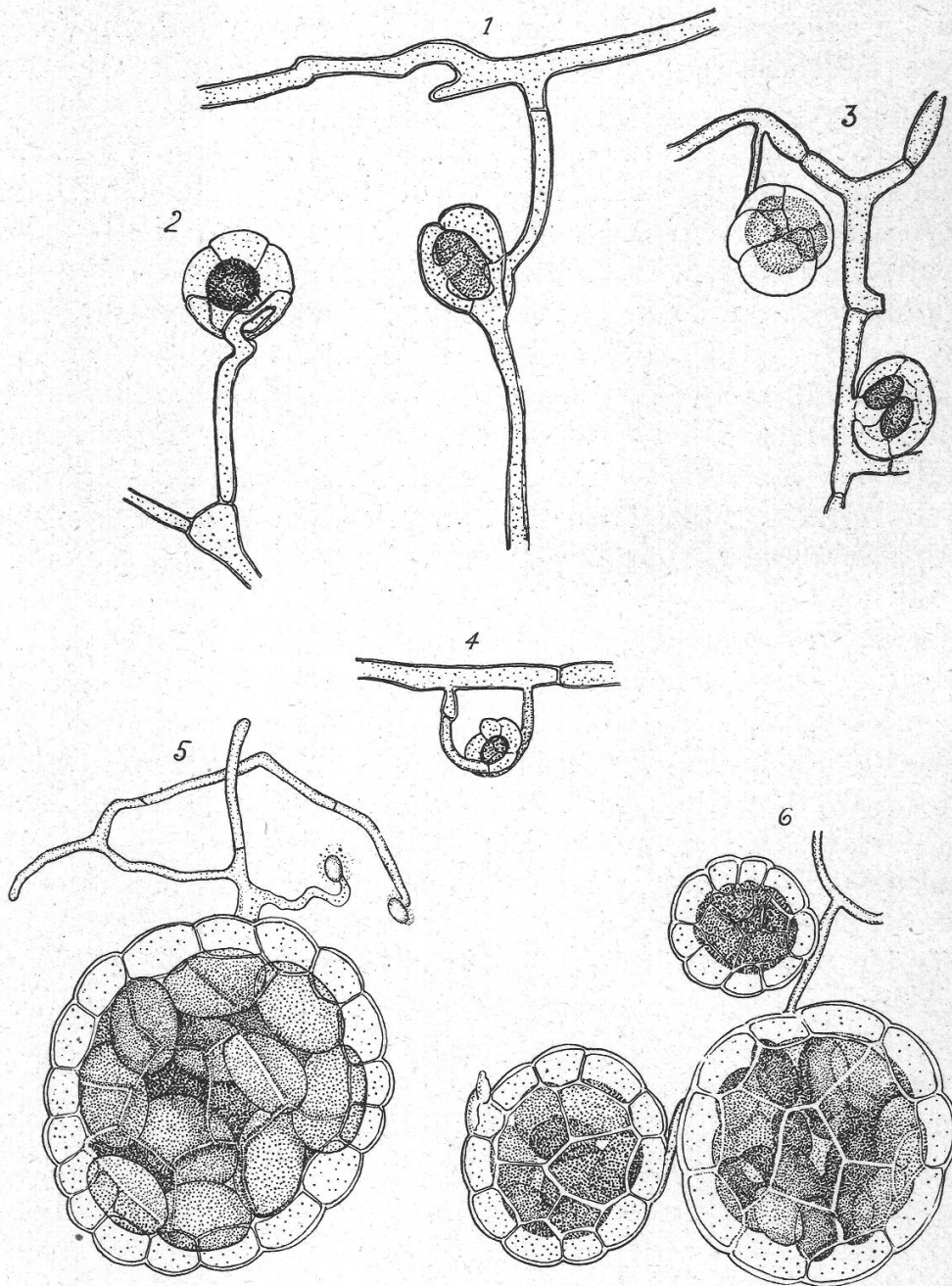


Fig. 2.

Anfangsstadien der Botrydienbildung (1—5); drei zusammenhängende Botrydien (6).

culture the globular structures had been broken up before infecting, and examination after several weeks, showed the presence of very small but fully formed globules. There was no indication how these had appeared, and so in spite of all precautions the repeated attempts at

procuring a pure culture of *Botrydina* seemed to have failed, while no light had been thrown upon the formation of the envelope.»

Wer die Tücken solcher « Rohkulturen » kennt, weiss, mit wieviel Vorsicht die daraus erzielten Ergebnisse betrachtet werden müssen. E. Acton aber scheint nicht immer mit der notwendigen Vorsicht zu Werke gegangen zu sein. Dies zeigt sich namentlich in der Beschreibung der « Gonidien » und ihres Entwicklungsganges und sodann auch in dem, was Acton über die Botrydien aussagt. Wer die Beschreibung und namentlich die den Text begleitenden Figuren in der Abhandlung über *Coccomyxa subellipsoidea* betrachtet (l. c. Taf. XLIII), dem fällt sofort auf, dass es sich dabei nicht um ein einheitliches Material handeln kann, sondern dass eine Mischung durchaus verschiedener einzelliger Algen vorgelegen haben muss. Oltmanns, Printz u. a. haben diese Vermutung bereits deutlich ausgesprochen. Soviel aus den Figuren Actons ersehen werden kann, ist in der Beschreibung der vermeintlichen Flechtengonidien der Entwicklungsgang der wirklichen in den Botrydien enthaltenen *Coccomyxazellen* und sodann derjenige von *Chlamydomonas* zusammengefasst. Es ist in der Tat nicht immer leicht, die Zellen dieser beiden Organismen auseinanderzuhalten. Da beide ungefähr die gleiche Körperform besitzen und da bei *Chlamydomonas* die Geisseln nur mit den stärksten Vergrösserungen und mit Hilfe besonderer Färbungen sichtbar sind, so gleichen sich diese beiden Algen weitgehend. In der Grösse sind sie freilich verschieden; aber obwohl *Coccomyxazellen* im Mittel kaum halb so lang sind wie diejenigen der andern Gattung, so hat auch der geübte Algologe oft Mühe, die extremen Formen der einen und der andern Gattung auseinanderzuhalten.

Wenden wir uns aber zunächst der zweiten Arbeit zu, in welcher E. Acton sich Klarheit zu verschaffen sucht über die wahre Natur von *Botrydina*, die bis dahin von den verschiedenen Forschern so verschiedenartig gedeutet worden war.

Aus zahlreichen Färbungsversuchen schien hervorzugehen, dass die die Botrydien umgebende farblose Hülle nicht als Zellulose bezeichnet werden kann. Acton schloss sodann auf Pilzzellulose und in der Annahme, dass diese zelligen Gebilde dem Pilz angehören, stellte sich die Verfasserin die Aufgabe, Verbindungen aufzufinden, die den Zusammenhang zwischen den typischen *Botrydinakügelchen* und den das Untersuchungsmaterial durchwuchernden Pilzhyphen beweisen sollten.

Ueber den Erfolg dieser Nachforschungen schreibt Acton: «After much material had been examined, two or three specimens were found (Pl. XIX Fig. 2, 3). Very few specimens were seen showing this connection with it in early stage. A reexamination of the material brought to light a number of early stages in which the connection of the globular bodies with the fungus could clearly be seen (Fig. 4, 5).

There is thus no doubt, the colourless envelope is formed by investing fungal hyphae. »

Was E. A c t o n gesehen hat, kann an jedem Material mit Leichtigkeit beobachtet werden, ihre Erklärung aber kann ich nicht bestätigen. In der Tat sind immer zahlreiche grüne Kügelchen zu beobachten, die fadenförmige Anhängsel tragen, von dem Aussehen eines zarten Stieles. Diese Fäden haben durchaus das Aussehen von Pilzhyphen.

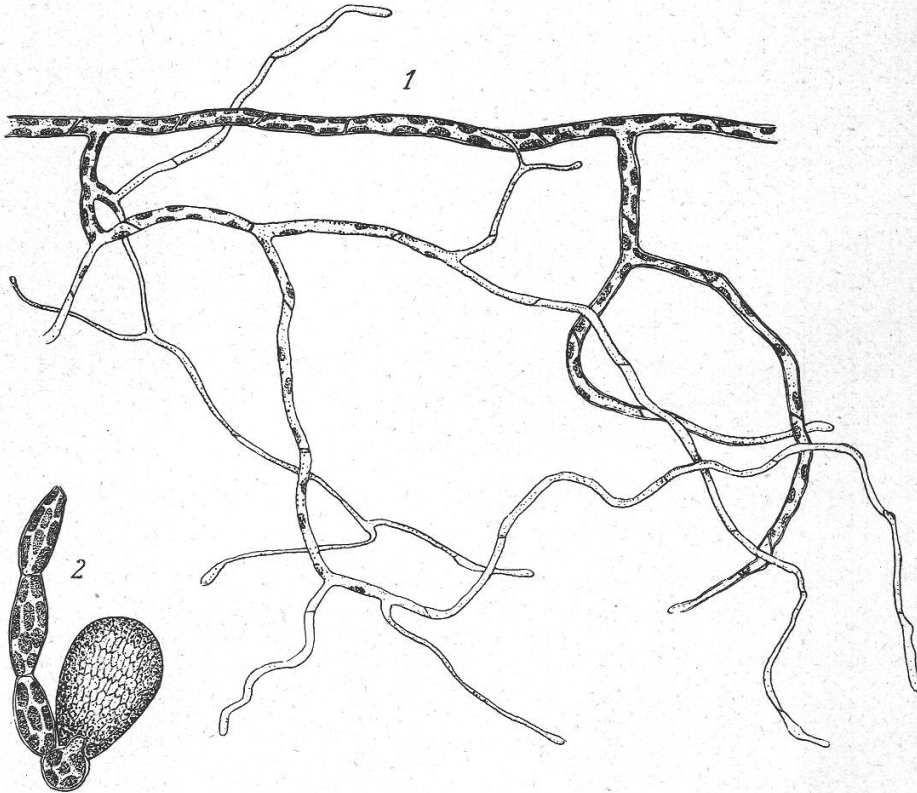


Fig. 3.

Protonema des Mooses *Georgia (Tetraphis) pellucida* L., der eine Partner im Thallus von *Botrydina* (1); die auskeimende Spore des Mooses (2).

Ist aber damit der Beweis für die Zusammengehörigkeit von Pilzhyphen und Botrydrien wirklich erbracht? Ich möchte daran zweifeln. Dass die grünen Kügelchen mit den farblosen Fadengebilden zusammenhängen, ist nicht zu bestreiten. Dass dagegen diese fädigen Anhängsel einem das Untersuchungsmaterial durchwuchernden Pilz angehören, ist dadurch noch nicht bewiesen.

Das von mir beobachtete Material zeigt bis in die Einzelheiten den Anblick desjenigen von A c t o n und die von dieser Verfasserin gegebenen Figuren könnten ebensowohl auf mein Material übertragen werden. In meinen *Botrydinalagern* ist aber von Pilzhyphen nichts zu sehen. Wohl durchwuchern zahlreiche feinverzweigte farblose hyphenähnliche Fäden das Material. Verfolgt man diese Fäden aber

von den feinsten Verästelungen rückwärts zu Zweigen niederer Ordnung und bis zu den Hauptästen, von denen sie ausgehen, so erkennt man in diesen das gut ausgebildete Protonema eines Mooses, das nicht selten bis zur ausgekeimten Spore zurückverfolgt werden kann (Fig. 3).

In den Hauptästen und vorab bei der Keimung führen die Protonemafäden reichlich Chlorophyll; sodann zeigen sie als weiteres Merkmal eines Protonemas die charakteristischen schrägen Querwände auf der ganzen Länge des Fadens. Je mehr sich das Fadensystem aber verzweigt, um so dünner werden die einzelnen Verzweigungen und um so mehr verlieren sie die Chlorophyllkörner, bis sie in den feinen Verästelungen völlig farblos sind und von den Plastiden nichts mehr erkennen lassen. In diesem Stadium ist die Protonemanatur dieser Fäden nicht oder wenigstens nicht leicht zu erkennen, und man ist alsdann versucht, darin ein Pilzmycel zu erblicken. Genau gleich sehen auch die längeren und kürzeren Anhängsel an den Botrydien aus, und da sie dünn sind und sich leicht vom Protonema ablösen, so ist es wohl möglich, dass in dem E. A c t o n vorliegenden Material den Botrydien solche von Protonemen abgelöste Fadenstücke anhafteten.

Auch ich stellte mir die Aufgabe, Stadien aufzufinden, in denen der Zusammenhang von Botrydien mit chlorophyllgrünen Aesten eines deutlich erkennbaren Protonemas sichtbar wäre. In vielen Fällen konnte ich solche Zusammenhänge unzweideutig feststellen, und, ohne die anderslautenden Befunde von E. A c t o n umdeuten zu wollen, muss ich auf Grund dieser Erkenntnis das mir vorliegende Material als eine Gemeinschaft nicht von einem Pilz mit einer Alge, sondern als diejenige von Moosprotonemen mit Grünalgen bezeichnen.

Es ist mir nicht möglich, heute die Frage zu entscheiden, ob alles, was unter dem Namen *Botrydina* beschrieben worden ist, als Doppelwesen von Moosprotonemen und Algen aufgefasst werden muss, oder ob hier verschiedene Möglichkeiten eines Zusammenlebens von *Coccomyxa*algen mit verschiedenen Organismen möglich sei. Es sind ja in der Tat Fälle genug bekannt, wo Moose mit verschiedenen Algen bzw. Pilzen zusammenleben, wobei freilich über das Verhältnis der beiden Komponenten zueinander kaum etwas Sicheres bekannt sein dürfte.

Nach den hier dargelegten Tatsachen ist also die farblose zellenartige Hülle der Botrydien als Wucherung von fein verästelten Ausläufern von Moosprotonemen anzusehen, in deren Innerem grüne Algenzellen als « Gonidien » eingeschlossen sind. Auf welche Weise diese Algen eingefangen werden oder sich den Protonemafäden als « Weggefährten » anbieten, ist mir noch nicht ganz klar geworden. Oft sieht man, wie an bestimmten Stellen eines farblosen und wirklich pilzähnlichen Protonemafadens ovale grüne Zellen kleben (Fig. 2; 5) und wie unmittelbar darunter der Faden eine Ausstülpung ausbildet (Fig. 2; 1). Diese Wucherung wächst zu einer Verzweigung heran, deren Ende sich

erweitert und die grüne Zelle umfängt. Der Protonemafaden entwickelt sich gleichzeitig mit den sich teilenden Algenzellen, indem sein Endstück sich ausweitet, zellig teilt und die Algen ringsum völlig einschliesst (Fig. 2; 1—4). Dabei sind es nicht getrennte Fäden, die die Algen umfassen, wie bei den Gonidien der Flechten, sondern sie bilden

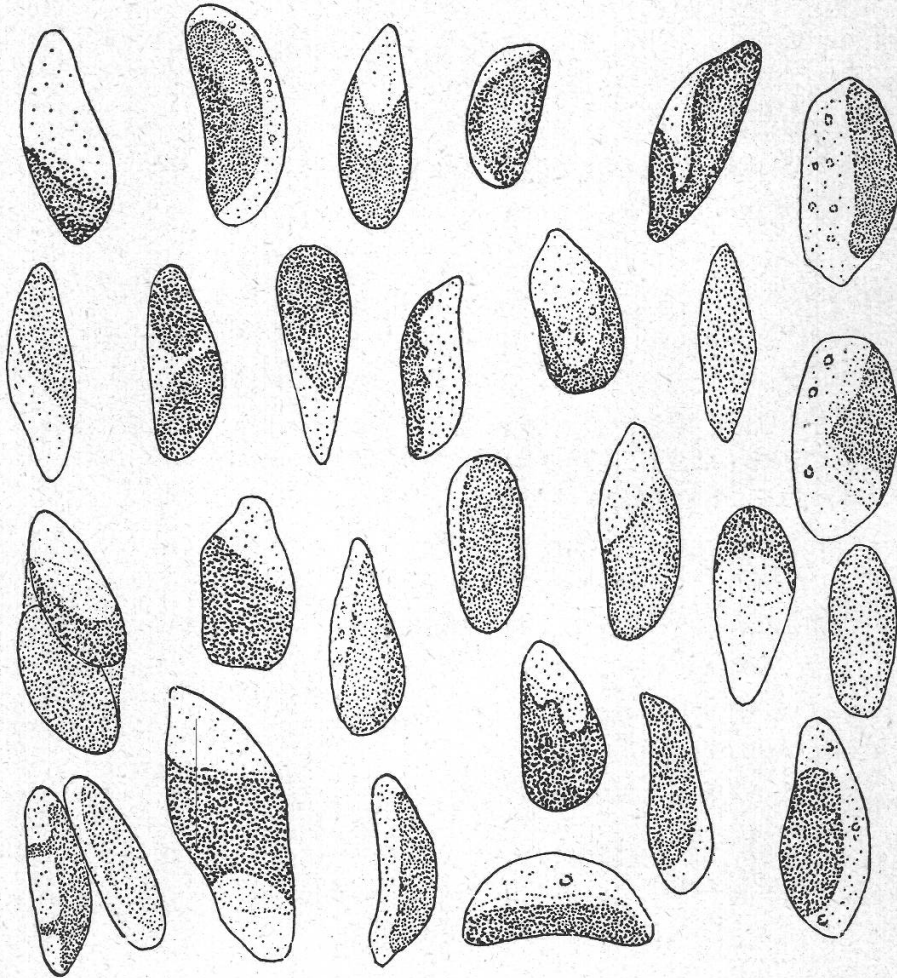


Fig. 4.

Verschiedene Formen der *Botrydina*algen in situ.

eine geschlossene Hülle, in der die grünen Zellen eingeschlossen sind (Fig. 1; 1—3). Die Zeichnungen, die E. A c t o n hierüber dem Text beifügt, sind durchaus naturgetreu aufgenommen. In vielen Fällen bildet ein Protonemafaden nicht nur eine Botrydie, sondern von einem grünen Kügelchen aus entwickelt sich an irgendeiner Stelle aus der oberflächlichen Hülle wiederum ein pilzfadenähnlicher Auswuchs, worauf sich wieder neue kugelige Gebilde entwickeln, so dass sie oft in recht grosser Zahl aneinanderhängen (Fig. 1 und 2). Zählt man die Botrydien aus, die an den Verzweigungen eines einzigen Protonemafadens hängen, so geht die Zahl in die Hunderte. Sie sind durchaus verschieden in der Grösse.

Die *Botrydinaalgen*.

a) in situ.

Innerhalb der farblosen Hülle der Botrydien sind die einzelnen Algenzellen nicht leicht als solche zu erkennen. Sie sind zu Paketen vereinigt, wodurch die kugeligen Gebilde in zwei Hälften oder traubenförmig gegliedert werden, von deren Mitte der farblose Protonemafaden absteht. Zerreibt man aber Botrydien zwischen Objektträger und Deckgläschen, so treten die Algen einzeln heraus. Sie haften in der Regel den Protonemazellen nicht an, sondern scheinen in diesen drin zu liegen, wie auch die verwandten *Coccomyxaalgen*, die als Gonidien in den Flechten *Solorina*, *Peltigera* usw. enthalten sind. Aus den Botrydien herausgelöst, lassen sie sich leicht als *Coccomyxaalgen* erkennen, da sie im Gegensatz zu der Mehrzahl der genannten Gonidien ihre charakteristische, gestreckte Zellform auch in der Gefangenschaft beibehalten. Die einzelnen Zellen weichen zwar weitgehend voneinander ab in Grösse und Form (Fig. 4). Im allgemeinen sind sie länglich oval mit ungleich stark gewölbten Längsseiten und einem muldenförmigen Chromatophor, der die Oberfläche der Zelle nur zu $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ bedeckt. Daneben aber gibt es Individuen, die an den Polen mehr oder weniger zugespitzt sind, sodann gebogene, einerseits ausgezogene Formen, die auch in der Grösse weitgehend variieren. Vermehrungsstadien mit zwei Zellen innerhalb einer Mutterzellmembran sind auch *in situ* häufig, solche mit vier Zellen dagegen nur äusserst selten zu beobachten. Die Zellen sind immer tiefgrün gefärbt.

b) in der Kultur.

Die in *Botrydina* enthaltenen Algenzellen lassen sich verhältnismässig leicht auf künstlichen Nährmedien züchten; die gebräuchlichen Substrate (Knopsche Nährlösung, Knop-Agar, Glukose-Agar usw.) eignen sich vorzüglich dafür. In mineralischer Nährflüssigkeit und in Knop-Agar ist die Entwicklung gering, aber immerhin deutlich erkennbar. So erreichen die einzelnen Klone auf Knop-Agar in etwa 5 Monaten Kolonien von höchstens 3—4 mm Durchmesser und tief dunkelgrüner Farbe. Nie tritt eine Verfärbung der Kolonie auf, eine Eigenschaft aller *Coccomyxaalgen* auf diesem Nährboden. Zwischen den einzelnen Klonen lassen sich in bezug auf das Aussehen der Kolonie keine Unterschiede feststellen.

Auf Glukose-Agar bilden diese *Botrydinaalgen* Kolonien, die von denen der Flechtengonidien nicht grundsätzlich verschieden sind. Das Wachstum ist mittelstark, die Kolonie von dunkelgrüner Farbe und kreisrunder Form mit regelmässigem Rand. Sie weist einen ausgesprochenen Glanz auf und unterscheidet sich von den Kolonien verschiedener Gonidialalgen auf demselben Nährboden höchstens durch eine eigentümliche Farbenverschiedenheit des Gipfelpunktes gegenüber

dem Rand und den äusseren Zonen der Kolonie. Der zentrale Teil nimmt langsam einen apfelgrünen helleren Farbton an, so dass es aussieht, als ob aus der Tiefe winzige Tochterkolonien von dieser helleren

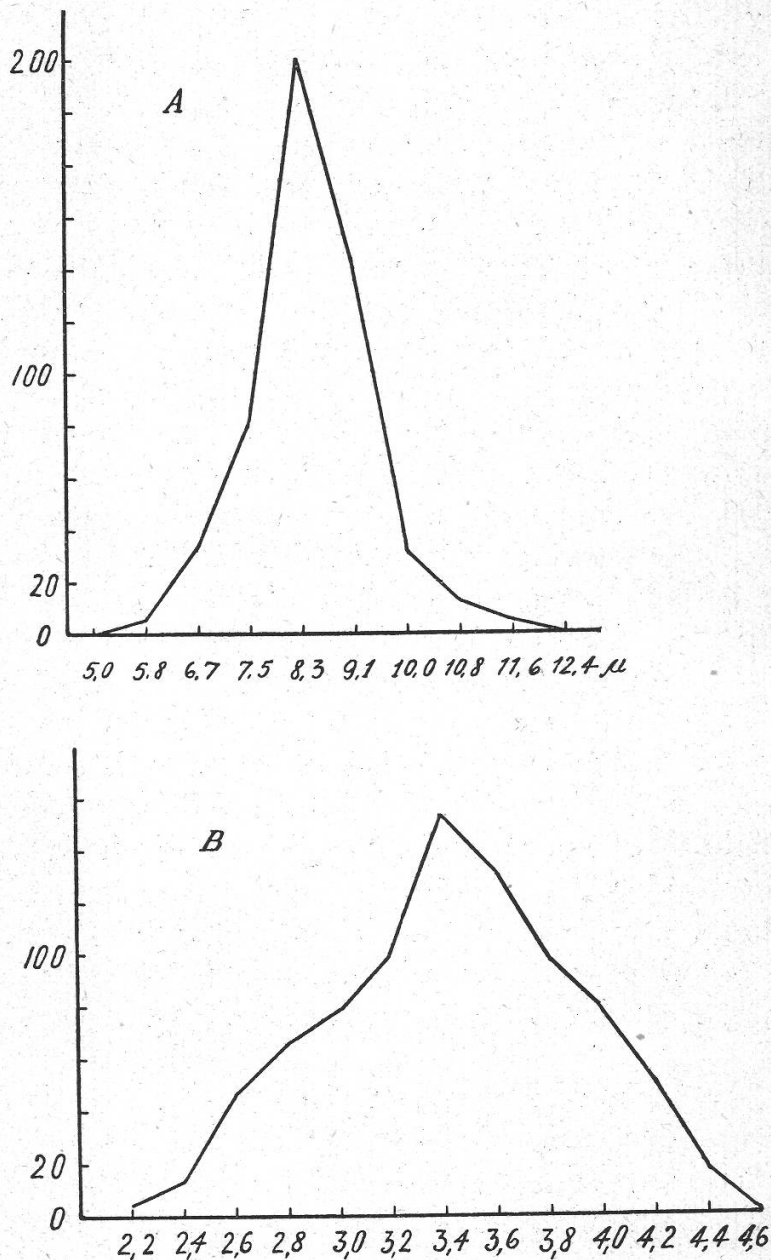


Fig. 5.

Coccomyxa subellipsoidea Acton em. Jaag; Variationskurven. A: Längenkurve, B: $\frac{\text{Länge}}{\text{Breite}}$ -Kurve.
Aus einer Kultur auf Glukose-Agar. Klon Nr. 196.

Farbe hervorbrechen, bis sie schliesslich ineinander übergehen und den innern Teilen des Algenhäufchens die spezifische Farbe verleihen.

Diese Farbverschiedenheit wiederholt sich bei sämtlichen Parallelkulturen und auch bei jeder neuen Ueberimpfung. Da sie auch in den Kolonien von *Coccomyxa solorinae croceae* Chod. und *C. solorinae*

bisporae Jaag in ältern Kulturen auftritt, so liegt darin ein weiterer Hinweis für die nahe Verwandtschaft dieser Algenformen.

Diese Verwandtschaft kommt auch zum Ausdruck in der Form und Grösse der Zellen, welche Merkmale, wie bei den übrigen Arten, ihrerseits innerhalb gewisser Grenzen wiederum vom Nährmedium weitgehend abhängig sind. So sind in glukosehaltigem Substrat die Zellen im allgemeinen schlanker und länger als in zuckerfreiem Nährboden. Ein Pyrenoid ist in den Zellen nicht vorhanden. Der Chromatophor ist muldenförmig und bedeckt höchstens $\frac{2}{3}$ der Zelle. Stärker lichtbrechende Einschlüsse sind namentlich in älteren Kulturen in der ganzen Zelle verteilt; die Versuche, die chemische Natur dieser Körnchen zu bestimmen, blieben erfolglos. Jedenfalls scheint es sich dabei nicht um Stärke zu handeln.

Um Teilungsstadien und Reste der Mutterzellhaut sichtbar zu machen, sind, wie bei den meisten übrigen Klonen der Gattung *Coccomyxa*, Tuscheausstriche notwendig. Vergleicht man die *in situ* beobachteten Zellformen mit denen in der Kultur, so beobachtet man viel weniger grosse Verschiedenheiten als bei den Flechtengonidien. Während z. B. die Gonidien der Gattung *Solorina* im Flechtenthallus anders aussehen als in der Freiheit (losgelöst vom Flechtenpilz), so bringen diese auch in der « Gefangenschaft » der Moosprotonemen ihre wahre *Coccomyxanatur* zum Ausdruck. Daraus darf wohl die Vermutung abgeleitet werden, dass in den verschiedenen Vergesellschaftungen die beiden Partner ernährungsphysiologisch in verschiedenem Verhältnis zueinander stehen müssen.

Auf kohlenhydrathaltigen Nährböden entwickeln sich diese Algen auch in völliger Dunkelheit vorzüglich. Sie behalten dieselbe dunkelgrüne Farbe wie im Licht und ernähren sich also auf rein saprophytische Weise.

Wie bei sämtlichen Klonen von *Coccomyxa*algen, beobachtet man in den Kulturen der *Botrydina*algen Zellen, die klumpenweise aneinanderhängen. Das schleimige Bindemittel entsteht bei der Autosporenbildung durch eine unvollständige Verschleimung der Mutterzellmembran. Durch Färbung mit Metylenblau färbt sich sowohl die dünne Sporangienwand wie auch die Schleimmasse, die sich bei ihrer Auflösung bildet.

Innerhalb der Art *Botrydina vulgaris* Bréb. sind bei Individuen verschiedener Herkunft die Algen weitgehend spezifisch. So erwiesen sich diejenigen, die einerseits Herr Prof. Dr. Pringsheim (Prag) und andererseits ich selbst aus *Botrydina* isoliert hatten, als distinkte Arten, die sich unterscheiden durch Form und Grösse der Zellen. Wir bezeichnen die bisher bekannt gewordenen *Botrydina*algen als *Coccomyxa Pringsheimii* (*botrydinae*) Jaag: Klon Nr. 202, isoliert durch Herrn Prof. Dr. Pringsheim. *Coccomyxa subellipsoidea* Acton em. Jaag, d. h.

Klon Nr. 196, wurde vom Verfasser isoliert aus einem Material, das aus der Nähe von Innsbruck stammt.

Für *C. subellipsoidea* Acton em. Jaag ergab die variationsstatische Analyse (Kulturen auf Glukose-Agar)

Länge : Mittelwert 8.5μ Streuung $\pm 0.98 \mu$

$\frac{\text{Länge}}{\text{Breite}}$: Mittelwert 3.5μ Streuung $\pm 0.48 \mu$ (Fig. 5).

Die Zellen dieser Art sind im Mittel grösser und auch schlanker als diejenigen von *C. Pringsheimii* (*botrydinae*) Jaag; bei der letzteren sind die einzelnen Individuen auch vielgestaltiger und stark verschieden in der Grösse. In geringerer Masse ist dies zwar auch der Fall bei *C. subellipsoidea* (Nr. 196), doch sind bei Klon Nr. 202 die langgestreckten Formen in der Minderheit gegenüber den zahlreichen kleineren und breitovalen bis annähernd kugeligen Zellen. Klon Nr. 202 zeigt in allen Nährmedien zahlreiche Vierzell-Teilungsstadien. Diese sind bei Klon Nr. 196 nur recht selten zu beobachten. Bei beiden Arten ist auch in älteren Kulturen der Chromatophor noch recht gut erhalten. Lose Zellverbände kommen namentlich bei *C. subellipsoidea* Acton em. Jaag recht häufig zur Ausbildung (Fig. 6).

Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung der Botrydinaalgen.

Zur Ermittlung des Einflusses der Temperatur auf das Wachstum der *Botrydinaalgen* wurden 120 Reagensgläser mit je 8 cm^3 einer Lösung von Knop $\frac{1}{3} + 2\%$ Glukose beimpft und am 14. August 1932 zu je 10 in 12 Thermostaten verteilt, deren konstante Temperatur von 0° — 36° C um je 3° verschieden war. Zweimal wurde das Ergebnis abgelesen: ein erstes Mal am 14. November 1932 und sodann am 20. Februar 1933, d. h. nach etwa 3 und 6 Monaten.

Das Ergebnis dieses Versuches war folgendes:

1. Wachstumsintensität.

Zwischen 6° und 18° C zeigen diese Algen die üppigste Entwicklung; das Optimum liegt bei 12° C . Tiefere Temperaturen sagen ihnen besser zu als höhere. So findet noch bei 0° und 3° ein nennenswertes Wachstum statt, während dasselbe von 27° C an geringer ist und bei 33° und 36° aufhört. Allgemein kann gesagt werden, dass sich diese Algen bei tieferen Temperaturen besser entwickeln als bei höheren, dass sie aber doch innerhalb weit auseinanderliegender Temperaturgrenzen gedeihen können.

2. Die Ausbildung der Zellen.

Bei tiefen Temperaturen haben die Zellen ein gesundes Aussehen; sie sind von normaler Grösse und frischer, grüner Farbe. Der Chromatophor bedeckt beinahe die ganze Oberfläche der Zellen. Diese sind bei 0° C kleiner als bei Temperaturen von 3° — 15° C ; immerhin sind sie

ebensogut ausgebildet wie im Thallus drin. Die grössten Individuen entwickeln sich bei 6°—12° C; bei diesen Temperaturen haben sie auch ein gesundes, lebenskräftiges Aussehen. Von 18° C an beobachtet man, dass sich der Chromatophor immer mehr auflöst, in Stücke zerfällt und schliesslich bei den höchsten Temperaturen unförmlich und körnig ist. Die Zellen nehmen dann immer mehr Zerrformen an. Kugelige Riesenzellen sind den in grosser Mehrzahl vorhandenen auffallend kleinen Zellen beigemischt. An manchen Individuen beobachtet man horn- und schwanzartige Anhängsel, die offenbar von anormalen Zellteilungen herrühren. Dies ist besonders auffallend in Kulturen bei Temperaturen oberhalb 27° C. Von 30° C an sind die Zellen so unförmlich, dass man sie kaum mehr als *Coccomyxa*algen erkennen kann. Ihr Inhalt ist zusammengeballt wie in plasmolysiertem Zustande, während die farblose Zellwand ihre normale Form beibehält.

So ergibt sich für diese *Botrydina*algen dieselbe Tatsache, wie für die meisten Gonidialalgen: reges Wachstum und Bildung normaler Zellen nur bei tieferen Temperaturen. Optimum bei 6°—15° C. Von 18°—27° C noch verhältnismässig gutes Wachstum und Ausbildung gesunder, normaler Zellen, während oberhalb 30° C bei minimalem Wachstum unförmliche Zellen, monströse Formen entstehen.

Vergleich der neuen Versuchsergebnisse über die Botrydinaalgen mit denjenigen früherer Autoren.

Vergleicht man diese Untersuchungsergebnisse über die Algen von *Botrydina* mit den Angaben von E. A c t o n, so könnte es scheinen, dass es sich dabei um Organismen handle, die nicht nur verschiedenen Gattungen, sondern durchaus verschiedenen Algenfamilien angehören. Die Unterschiede in den Ergebnissen beziehen sich zunächst auf das Pyrenoid. A c t o n fand solche Gebilde; in meinem Material fehlen sie. Sodann vermehren sich die von mir untersuchten Zellen durch Autosporen, diejenigen A c t o n s durch Autosporen *und* Zoosporen. Daneben machen sich bei einem genauen Vergleich der Ergebnisse noch eine ganze Reihe von Unterschieden geltend.

So sind folgende Fragen zu entscheiden: Sind in *Botrydina* Algen aus systematisch weit auseinanderliegenden Familien vereinigt, d. h. solche, die den von E. A c t o n beschriebenen Entwicklungsgang durchmachen (derartige Algen sind zwar als freilebende Formen nicht bekannt) und anderseits Algen ohne Pyrenoid und ohne Zoosporenbildung, die zu den echten *Coccomyxa*algen gehören? Oder liegt der einen oder andern Beschreibung ein Irrtum zugrunde?

Im Anschluss an meine Untersuchungen kann ich als *Botrydina*algen nur solche vom *Coccomyxa*typus annehmen; denn, wie oben erwähnt, scheint mir, dass in den Angaben von E. A c t o n ein Irrtum unterlaufen sei. Eine Durchsicht des Materials, das dieser Verfasserin

vorlag, war freilich nicht möglich, und meine Ansicht stützt sich daher nur auf Vermutungen. Meine Auffassung wird aber unterstützt durch die Tatsache, dass es sich sowohl in sämtlichen von mir in den Schwei-

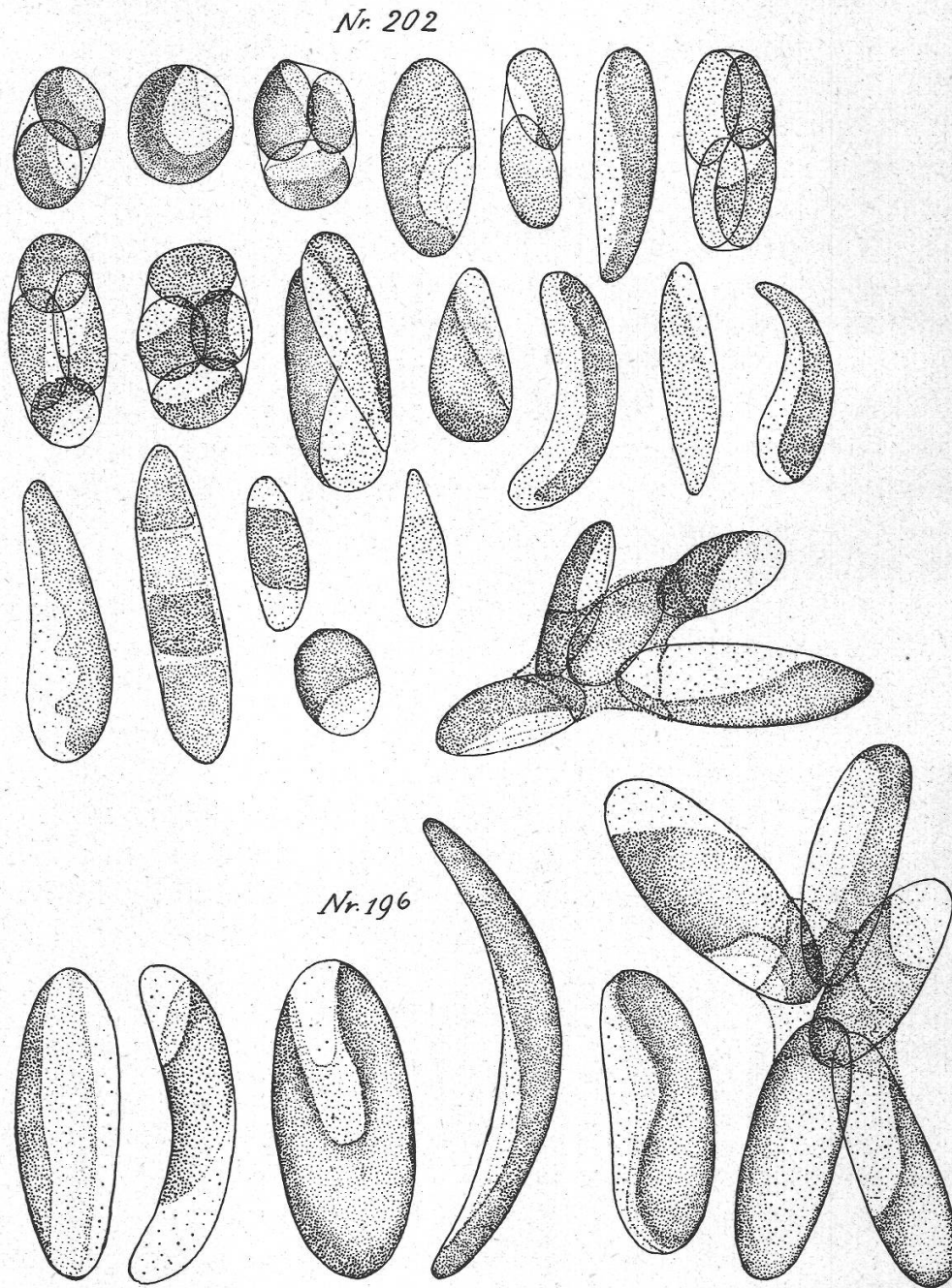


Fig. 6.

Coccomyxa Pringsheimii (*Botrydinae*) Jaag; Klon Nr. 202 (oben).
Coccomyxa subellipsoidea Acton em. Jaag; Klon Nr. 196 (unten).
Aus Kulturen auf Agar-Glukose. Stark vergrössert.

zeralpen und von Herrn Dr. H. Gams in der Nähe von Innsbruck gesammelten, als auch in dem mir von Herrn Prof. Dr. Pringsheim zugestellten Material ausschliesslich um ausgesprochene *Coccomyxa*-algen handelte. Sicher ist auch, dass eine Alge, die ein Pyrenoid

besitzt und Zoosporen bildet, nicht als *Coccomyxa* angesprochen werden kann. Der Name *Coccomyxa subellipsoidea* Acton muss darum einen ganz neuen Inhalt bekommen, wenn er in der algologischen Literatur beibehalten werden soll; der Diagnose von E. Acton entspricht, wenn meine Auffassung über die *Botrydina*algen richtig ist, keine bisher bekannte Pflanze. *Coccomyxa subellipsoidea* Acton em. Jaag stimmt dagegen restlos überein mit der von R. Chodat (1913) erweiterten Gattungsdiagnose für *Coccomyxa* von Schmidle (1901): « Cellulae baculiformes vel anguste ellipsoideae libere natantes, vel gelatina aggregatae, divisione contentus cellulae matricialis transversa dein obliqua multiplicatae. Sporae demum elongatae cellulae matriciali similes i. e. autosporae binae vel quatuor. »

Wahrscheinlich wurde die oben erwähnte mit *Botrydina* immer vergesellschaftete Alge *Chlamydomonas* in den Entwicklungsgang der *Botrydina*algen miteinbezogen. *Chlamydomonas* besitzt tatsächlich ein Pyrenoid, ist in den vegetativen Stadien beweglich und bildet auch Zoosporen aus, die den von Acton dargestellten beweglichen Zellen durchaus gleichen.

In Actons Zeichnungen (l. c. Fig. 1 und 2) liegen zweifellos echte Gonidien vor. Das sind *Coccomyxa*zellen, wie sie auch mir vorlagen. In diesen getreu nach der Natur gezeichneten Zellen lässt aber die Verfasserin keine Spur von einem Pyrenoid erkennen. In allen weiteren Figuren handelt es sich nach meiner Ansicht nicht mehr um *Coccomyxa*, sondern um *Chlamydomonas* und vielleicht noch andere zufällige Beimischungen. Diese Vermischung verschiedenen Materials ist den Tücken der Rohkultur zuzuschreiben, die auch in manchen andern Fällen schon unerquickliche Folgen zeitigte.

Schlussfolgerungen.

Aus den vorliegenden Untersuchungen geht hervor, dass die Thalli von *Botrydina vulgaris* Bréb., die von verschiedenen Fundorten aus den Schweizer- und den Tiroleralpen herkommen, nicht primitive Flechten darstellen, wie bisher angenommen wurde, sondern, dass es sich dabei um die Vergesellschaftung eines Moosprotonemas mit *Coccomyxa*algen handelt. Die Tatsache, dass die feinen Verzweigungen der Protonemafäden in der Nähe der « Botrydien », d. h. der charakteristischen grünen Kügelchen mit farbloser Zellhülle, kein Chlorophyll ausbilden, lässt die Vermutung zu, dass das Moosprotonema den Algenzellen Nährstoffe entzieht, dass es sich also um eine Lebensgemeinschaft handelt, in der die farblos gewordenen Aeste der Protonemafäden auf den in ihnen eingeschlossenen Algen parasitieren. Dieses Verhalten des Protonemas entspricht durchaus demjenigen des zugehörigen Mooses *Georgia (Tetraphis) pellucida* (L.), dessen saprophytische Lebensweise den Bryologen bekannt ist. Weitere Untersuchungen sind aber notwendig zur

Klärung der Biologie von *Botrydina*, sowie zur Entscheidung der Frage, ob neben der aus Protonema und Algen gebildeten *Botrydina* tatsächlich auch Fälle vorkommen, wo die Algen statt mit Protonemen mit Pilzen (*Mucedineen*) vergesellschaftet sind, wie E. Acton dies beschrieb.

Die *Botrydina*algen gehören zu der Gattung *Coccomyxa* und zeigen sich in mancher Hinsicht den grünen Flechtengonidien der Gattungen *Solorina*, *Peltigera* und *Icmadophila* nahe verwandt. Der von E. Acton aufgestellte Name *Coccomyxa subellipsoidea* musste neu umschrieben werden, da die Entwicklungsgeschichte der *Botrydina*algen mit der Beschreibung Actons in keiner Weise übereinstimmt. Wir versuchten, nachzuweisen, dass in der erwähnten Beschreibung mindestens zwei durchaus verschiedene Algen vermischt sind.

Innerhalb der Art *Botrydina vulgaris* Bréb. sind bei Individuen verschiedener Herkunft die Algen spezifisch. So ergaben sich zwei distinkte Arten aus Materialien, die einerseits in der Nähe von Prag und andererseits in der Umgebung von Innsbruck gesammelt wurden. Es sind dies *Coccomyxa subellipsoidea* Acton em. Jaag (aus der Gegend von Innsbruck) und *C. Pringsheimii (botrydinae)* Jaag (aus der Gegend von Prag).

Zitierte Literatur.

- Acton, E. *Coccomyxa subellipsoidea*, a new member of the *Palmellaceae*. *Annals of Botany*. **23** (1909) 573—577.
- *Botrydina vulgaris*, Brébisson, a primitive Lichen. *Annals of Botany*. **23** (1909) 579—595.
- Brébisson. *Botrydina vulgaris*, in *Meneghini*, *Monographia Nostoch. Ital.* *Atti R. Acad. Sci. Torino*, ser. 2, **5** (1844).
- Chodat, R. *Monographies d'Algues en culture pure*. *Beiträge zur Schweiz. Kryptogamenflora*. Bd. IV. Heft 1 (1913).
- De Toni. *Sylloge Algarum*. (1889.)
- Jaag, O. *Coccomyxa* Schmidle, *Monographie einer Algengattung*, in *Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz*. 1933.
- Kirchner, O. *Algen*, in *Kryptogamenflora von Schlesien* (1878).
- Kützing, F. T. *Species Algarum*. **2**, erste Hälfte (1849).
- Oltmanns, Fr. *Morphologie und Biologie der Algen*. 2. Aufl. Jena 1923.
- Pascher, A. *Die Süßwasserflora Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz*. Heft 5. *Chlorophyceae* II. Jena (1915).
- Printz, H. *Chlorophyceen*, in Engler und Prantl, *Die natürlichen Pflanzenfamilien*. **3**, zweite Aufl. (1927).
- Rabenhorst, L. *Flora Europ. Algar.* **3** (1868).
- West, G. S. *Treatise Brit. Frehw. Alg.*, Cambridge (1904).
-