

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Notiz über Symbionten bei Hydroiden.

Von

Herbert Constantin Müller (Königsberg i. Pr.).

Bei der Beschäftigung mit den verschiedensten Hydroiden des Golfes von Neapel zu biologischen Zwecken habe ich im Winter 1911—1912 bei einigen Formen symbiontische Algen gefunden. Ich erwähnte dies bereits in meiner Arbeit über die Regeneration der Gonophore bei den Hydroiden I u. II (18 u. 19). Es handelt sich um folgende Formen: *Sertularella polyzonias* L., *Aglaophenia pluma* L., *Aglaophenia helleri* und die von mir entdeckte *Pachycordyle fusca*. MÜLLER-CALÉ u. EVA KRÜGER haben bei *Sertularella polyzonias* und *Aglaophenia helleri* im Frühjahr dieses Jahres die symbiontischen Xanthellen auch entdeckt und sind mir zu meiner Freude in der Publikation ihrer Entdeckung zugekommen (17). Denn da ich zu jener Zeit mit Operieren und Beobachten der lebenden Tiere zu Regenerationszwecken beschäftigt war, konnte ich mich um andere Erscheinungen nur sehr wenig bekümmern. Aus dem konservierten Material aber irgendwelche Aufschlüsse über die Algen zu suchen, ist eine sehr mißliche Arbeit, die nur zu leicht zu Täuschungen führen kann. Da nun von anderer Seite über dieselben Beobachtungen berichtet worden ist, kann ich mich darauf beschränken, diese — soweit mir das möglich — zu vervollständigen. Es handelt sich

vorläufig darum, jegliches Material über die Symbiose zwischen Tier und Pflanze zusammenzutragen, bis später einmal die gesamten Erfahrungen dieses Gebietes in einer Monographie verwertet werden.

Ich schrieb (19, p. 332), daß *Sertularella polyzonias* zwei Formen von Zoochlorellen besäße, eine große, blaugrüne, hellfarbige und eine viel kleinere mit gelbgrüner, satter Farbe. Diese kommt sehr viel häufiger vor. Es schien mir sogar mitunter, daß man noch eine dritte, kleinste Form annehmen könnte. Die Chlorellen kamen im ganzen Hydrocaulus dicht nebeneinander vor. Der Unterschied zwischen den beiden Formen war im allgemeinen prägnant, wenn auch, wie dies wohl bei allen bisher gefundenen Chlorellen und Xanthellen der Fall ist, Schwankungen in der Größe und damit auch in der Färbung zu finden waren. Ich erinnere mich, daß ich in ganz vereinzelt Fällen Exemplare traf, bei denen ich im ersten Augenblick zweifelte, welcher der beiden Formen ich sie zurechnen sollte. Doch hielt ich dies für durchaus nichts Auffälliges. MÜLLER-CALÉ u. EVA KRÜGER meinen nun, daß bei *Sertularella polyzonias* nur ein Symbiont vorkäme, der in seiner Gestalt stark variiere und dessen kleinere Form mitunter eine gelbbraune Färbung zeige. Sie bringen eine Tabelle über die Unterschiede in der Größe der Chlorellen, aus der sich aber weiter nichts entnehmen läßt als die beiden Extreme: 4,5 zu 3,8 μ und 20 zu 7,5 μ (resp. 18 zu 12 μ). Diese Extreme der Größenmaße würden meinen beiden Formen entsprechen, wenn ich auch eine auffällige Längsstreckung der größeren nie habe bemerken können. Ich kann mich der Ansicht der genannten Autoren nicht gerne anschließen. Sie beschreiben und zeichnen die kleinen Chlorellen als Kugeln mit doppelt konturierter Membran, die im Innern ganz mit Chromatophoren angefüllt sind. Sie meinen, daß diese kleineren Kugeln wachsen und die Chromatophoren sich dabei mehr verteilen. Diese einfache Erklärung scheint mir den tatsächlichen Verhältnissen nicht gerecht zu werden, dazu ist meiner Meinung nach der allgemeine Unterschied zwischen der großen und der kleinen Form der Chlorellen zu prägnant. Es ist ja durchaus nicht nötig, daß es sich um zwei verschiedene Algen handelt. KEEBLE u. GAMBLE (14) haben bei den in *Convolvata roscoffensis* vorkommenden Algen verschiedene Zustände desselben Organismus konstatieren können. Etwas Ähnliches könnte auch bei *Sertularella* der Fall sein. Ich vermute, daß die kleinen Chlorellen Abstammungsformen der großen sind und nicht deren

bloße Entwicklungszustände; dazu findet man viel zu wenig große Chlorellen und viel zu viel kleine. Eine genauere Untersuchung der angedeuteten Verhältnisse durch Zuchtversuche wäre sehr erwünscht.

Die von MÜLLER-CALÉ u. EVA KRÜGER bei *Aglaophenia helleri* beschriebenen Xanthellen habe ich ebenfalls seinerzeit gesehen. Im Gegensatz zu den Autoren fand ich die Farbe der lebenden Stämmchen meistens nicht braun, sondern grünlich.

Es ist mir sehr auffällig, daß MÜLLER-CALÉ u. EVA KRÜGER sagen, *Aglaophenia helleri* unterscheide sich durch eine lebhafte Braunfärbung stark von *A. pluma* und *elongata*. Damit meinen sie doch wahrscheinlich, daß diese beiden Arten die gewöhnliche bleiche Hydroidenfärbung zeigen. *A. elongata* habe ich nicht zu Gesicht bekommen; *A. pluma* aber besitzt wohl helle Fiederäste, der Stamm jedoch ist stets hell- bis dunkelbraun. Eine nähere Prüfung ergab dann auch, daß *Aglaophenia pluma* ebenfalls mit Xanthellen durchsetzt ist (freilich sind diese mitunter so wenig zahlreich vorhanden, daß ich anfänglich glaubte, es wären Teile der Nahrung). Mir ist es sehr auffällig, daß die beiden mehrfach genannten Autoren dies nicht gefunden haben. Sie betonen an einer anderen Stelle nochmals ausdrücklich, daß *A. pluma* keine Xanthellen besitze, weil sie den Konservierungsalkohol nicht braun färbte, was *helleri* wohl tut. Diese Erscheinung mag mit der geringeren Anzahl der Algen bei *A. pluma* zusammenhängen. Ich habe auf jenen Umstand nicht sonderlich geachtet. Bei den meisten Kolonien färbte der anhaftende Schlamm usw. die Konservierungsflüssigkeit von vornherein braun, und die Farbe ging bei der Überführung durch den verschiedenprozentigen Alkohol stets wieder verloren. Es ist übrigens leicht möglich, daß MÜLLER-CALÉ u. EVA KRÜGER überhaupt mit *Aglaophenia pluma* eine andere Art bezeichnen als ich; denn leider sind die systematischen Verhältnisse bei den Hydroiden nicht sehr klar und eine einzelne Bestimmung oft unsicher. Ich werde meine Bestimmungen der Neapler Hydroiden, darunter auch die von *Aglaophenia pluma*, in nächster Zeit veröffentlichen. Daß *Aglaophenia pluma* im Winter 1911—1912 Xanthellen besessen hätte und im Frühjahr dieses Jahres nicht mehr oder daß sich die Xanthellen nur in den Kolonien bestimmter Stellen

des Golfes finden lassen, glaube ich nicht. Auf jeden Fall bedürfen auch diese Verhältnisse einer gelegentlichen genaueren Untersuchung.

Die Größe der in *Aglaophenia pluma* vorkommenden Xanthellen beträgt 6—7,5 μ . Ihr Aussehen gleicht dem der in *A. helleri* vorkommenden (17, fig. 1—3). Eine doppelt konturierte sehr starke Membran umschließt das Plasma, in dessen Innern stets das große, stark lichtbrechende Stärkekorn mit der konzentrischen Schichtung eingebettet liegt; sein innerer Teil erschien mir dunkler oder trüber als die Randzone. Neben diesem großen Stärkekorn sah ich gewöhnlich noch viele Nebeneinschlüsse, meistens auch stark lichtbrechend. Die Randzone wird von den Chromatophoren eingenommen. Die Vermehrung geschieht durch Zellteilung, wobei sich anscheinend auch das große Stärkekorn teilt. — Die Zellmembran zeigte auf Celluloseprüfung hin keinerlei Veränderung.

Es ist mir wichtig, daß MÜLLER-CALÉ u. EVA KRÜGER in der Ectodermhülle der männlichen Gonophore vereinzelt auch die grünen Kugeln gefunden haben, die auch ich dort und in den zarten Plasmafäden der Corbula gefunden habe. Ich erwähnte (19, p. 347) dieselben Gebilde in den Wachstums- und Regenerationszonen der Corbulae beider Aglaophenien vorkommend; ebenso fand ich sie an allen Wachstumsflächen der Hydranthen und des Cönosarks. Diese grünen Gebilde können die Größe der Xanthellen erreichen, wenn sie auch im Durchschnitt kleiner sind als diese; sie haben die Farbe der Zoochlorellen, auch sie sind von einer starken Membran umgeben. Vereinzelt konnte ich in ihrem Innern Einschlüsse erkennen und glaube auch ein großes kernartiges Gebilde bemerkt zu haben. Das große Stärkekorn aber fehlt, ebenso wie die Chromatophoren. Merkwürdigerweise wurden diese grünen Gebilde von Alkohol und Eisessig aufgelöst, wobei aber bei Eisessig ein kleiner Rückstand blieb; auch Cellulosereaktionen waren unmöglich, weil die Körper unter dem Einfluß der Reagenzien verschwanden. Danach scheint es sich doch wohl nicht um Algen oder dgl. zu handeln, sondern um irgendeinen Excretions- oder Secretstoff, der von dem tierischen Plasma analog dem Pigment bei *Eudendrium* gebildet wird. Gestützt wird diese Annahme durch den Umstand, daß es mir nie gelungen ist, die grünen Kugeln völlig zu isolieren, was bei den Xanthellen und Chlorellen leicht möglich ist; stets sind sie in Verbindung mit tierischem Plasma, und wenn es auch nur ein geringer

Zellrest ist. — Vielleicht kann man die grünen Körper mit den bei *Bonellia viridis* vorkommenden in Zusammenhang bringen, die jedoch, wie mir Herr Dr. BALTZER seinerzeit persönlich mitteilte, untereinander durch Fäden zusammenhängen.

In meiner Arbeit über die Regeneration der Gonophore bei den Hydroiden, Teil I (18, p. 359) habe ich bereits gesagt, daß in der von mir entdeckten *Pachycordyle fusca* über dem ganzen Hydrocaulus hin im Entoderm symbiontische Algen anzutreffen sind. Diese Zooxanthellen unterscheiden sich in ihrem Aussehen durchaus nicht wesentlich von denen anderer Tiere. Ihre Größe beträgt 6—7,5 μ . Die Zellmembran ist doppelt konturiert und sehr stark; sie ergibt nach der Prüfung mit Chlorzinkiod oder Schwefelsäure mit Iod keine Cellulosereaktion. In jeder der gelben Zellen ist ein großes Stärkekorn neben dem Kern zu finden. Daneben existieren noch andere große Einschlüsse; nach der Zellwand zu liegen die großen Chromatophoren, die stark lichtbrechend erscheinen und von gelbgrüner Farbe sind, während das übrige Plasma der Xanthelle gelbbraun schimmert. Daß es jedoch in Wirklichkeit farblos ist, kann man aus zerquetschten Zellen ersehen, bei denen sich nach einiger Zeit Chromatophoren und Protoplasma sondern.

Die Vermehrung geht auch hier durch Zweiteilung vor sich, wobei sich die Alge zunächst zu einer Semmelform auseinanderzieht und dabei an der schmalen Stelle die Querwand bildet. Von dem großen Stärkekorn findet man in jeder Tochterhälfte eine kleine Kugel. Das Plasma der *Pachycordyle fusca* ist hyalin, weich und weiß. Es wird durch die in großer Menge und ständig vorkommenden Xanthellen gelb bis dunkelbraun gefärbt. Diese kommen ausschließlich im Entoderm vor und flottieren gelegentlich auch im Nahrungsstrom des Gastrovascularraumes. In den hohen Entodermzellen der Hydranthen sitzen sie gewöhnlich zu dreien oder noch mehreren hintereinander. In den kürzeren Zellen des Stammcönosarks sitzen sie aus Platzmangel nicht so dicht. Im Entoderm der Tentakel kann man die Xanthellen ebenfalls regelmäßig finden und zwar meist ohne Rücksicht auf die einzelnen Zellen und ihre Begrenzung; miteinander sind sie freilich auch genau auf die einzelnen Zellen verteilt anzutreffen. Obgleich sie im Entodermzapfen der Gonophore

ebenfalls vorkommen, sah ich sie doch niemals in den Eizellen oder Hodenpolstern.

Was an den Zooxanthellen der *Pachycordyle fusca* besonders interessant ist, das ist ihr Verhalten außerhalb des tierischen Gewebes. Es sei mir gestattet, vor der Anführung meiner Beobachtungen — die ich in gleicher Weise vergebens auch auf den Xanthellen der Aglaophenien zu machen versuchte — einige Literaturangaben über hier interessierende freie Zustände der symbiontischen Algen durchzugehen.

Seit dem ersten Zweifel über die Natur der grünen oder gelben Zellen im tierischen Gewebe und namentlich mit der wachsenden Überzeugung von ihrer pflanzlichen Natur hat man sich bemüht, frei lebende Stadien der Algen zu finden.

Im Jahre 1871 gibt CIENKOWSKY (1) an, daß bei totem *Collozoum*, welches längere Zeit (über eine Woche) im Seewasser liegen blieb, die gelben Zellen fortfuhren, freudig zu wachsen, auch dann, wenn das Protoplasma und die Kapseln der ganzen Kolonie schon völlig zerstört waren. Die wachsende Zelle trat nach CIENKOWSKY aus ihrer Hülle heraus und häutete sich mehrere Male. Während des Wachstums bekam sie lappige Gestalt, und schließlich vermehrte sie sich durch Teilung. — KARL BRANDT bestätigt diese Angaben an mehreren Stellen durch eigene Erfahrungen. Er beobachtete, daß die Algen ihr Wirtstier wochenlang überleben können, in einem Falle (2, p. 399) sogar bis zu 2 Monaten.

Ein selbständiges Leben der Algen außerhalb des tierischen Gewebes läßt im Jahre 1882 L. v. GRAFF vermuten. Er erwähnt (3, p. 75), daß die gelben Zellen der *Convoluta paradoxa* den einzelligen braungelben Algen, welche die Wände seiner Seewasser-Aquarien überzogen, „fast gleich“ sind.

In demselben Jahre berichtet GEZA ENTZ (4) in einem Referat über einen Vortrag, den er bereits 1876 gehalten hatte, daß die Chlorellen gewisser Infusionstiere diese verlassen und umherschwimmen. Aus den grünen Körperchen im Innern des Tieres entwickeln sich durch Vierteilung einzellige Algen der Gattungen *Palmella*, *Tetraspora*, *Gloeocystis*, *Pleurococcus*, *Raphidium*, *Scenedesmus*. ENTZ fährt wörtlich fort: „Einige vergrößern sich nach erfolgter Encystierung beträchtlich; aus diesen Cysten schwärmen endlich Chlamydomonaden und Euglenen heraus.“ Oft soll die Weiterentwicklung zu Flagellaten schon im Wirtstiere (z. B. *Stentor polymorphus*) vor sich gehen. Nach ENTZ wandert in die betreffenden Wirtstiere nicht eine

bestimmte Algenart ein, sondern die verschiedensten niederen Algen, deren Zoosporen und Flagellaten sich in ganz kleine Zellen — die „Pseudo-Chlorophyllkörperchen“ — verwandeln. *Zoochlorella* ist ein Zustand, welchen die verschiedensten Algen annehmen können.

Gegen ENTZ wendet sich berechtigterweise KLEBS (6) im Jahre 1885. Er führt aus, daß ENTZ die Tiere in destilliertem Wasser zerzupfte und nach einigen Wochen die erwähnte Algenflora vorfand. Letztere sei aber nicht aus der *Zoochlorella* hervorgegangen, sondern das Wasser mit den Versuchsobjekten sei von außen her mit Sporen oder Ruhezuständen der Algen infiziert worden.

Auch BEIJERINCK (7) nimmt in seiner Schrift aus dem Jahre 1890, die mir leider nicht zugänglich war, Stellung zu den ENTZ'schen Ausführungen. Er bestätigt, daß aus Kulturen mit *Zoochlorella* Reinkulturen von Raphidien, *Scenedesmus* und anderen entstehen können, und stellt sich die Frage, ob alle diese verschiedenen Algen nur weiter entwickelte Stadien der Chlorellen seien. Seine Untersuchungen führen ihn zu dem Ergebnis, daß dies nicht der Fall sei, vielmehr die Algen aus der frisch verschlungenen Beute der gefangenen Stentoren und Hydren stammen. Damit wäre die KLEBS'sche Ansicht prinzipiell gegen ENTZ bestätigt. Am Schlusse seiner Arbeit gibt BEIJERINCK, nachdem er ausführlich allerlei Kulturversuche, unter anderem auch mißglückte, über das Züchten von Reinkulturen der Chlorellen beschrieben hat, kurz an, daß es ihm zuletzt doch noch geglückt sei, die Chlorellen von *Hydra* auf Grabenwassergelatine isoliert zu züchten. Diese Mitteilung ist aber wegen ihrer Kürze und Ungenauigkeit gegenüber den ausführlich beschriebenen mißglückten Versuchen von späteren Autoren mit starkem Mißtrauen aufgenommen worden.

Inzwischen hatte BRANDT im Jahre 1883 in seiner großen Arbeit über die Bedeutung des Chlorophylls bei Tieren (5) auf p. 241—242 erwähnt, daß er in *Aiptasia* und *Reniera* zwischen den gewöhnlichen gelben, runden Zellen auch ovale, mit einer leichten Einkerbung an einem Pole gefunden hätte, die bestimmt nur eine Modifikation der runden Zellen wären. Sie zeigten eine überraschende Ähnlichkeit mit frei lebenden Algenschwärmern, nur daß ihnen die Geißeln fehlten. Dieselben Schwärmer — also anscheinend auch ohne Geißeln — erhielt BRANDT aus Reinkulturen von gelben Zellen aus *Collozoum*, *Cassiopeia* und *Anthea*. Diese Mitteilung ist die erste glaubwürdige

Andeutung über einen tatsächlichen Schwärmzustand der pflanzlichen Symbionten außerhalb des tierischen Gewebes. Ferner fand BRANDT bei seinen Versuchen mit Actinien, die im Dunkeln sich ihrer Xanthellen entledigen, bei *Anthea cereus* var. *smaragdina* Folgendes. In der einen Versuchsreihe wurde das Tier 4 Monate lang dunkel gehalten und warf in dieser Zeit sämtliche Xanthellen aus [an dieser Tatsache zweifeln KEEBLE u. GAMBLE (14, p. 171)]. Dann wurde das Tier mehrere Wochen in filtriertem Seewasser dem Lichte ausgesetzt, ohne daß sich die Xanthellen wieder einfanden. Als dann das filtrierte Wasser durch ständig zirkulierendes, frisches Seewasser ersetzt wurde, konnte B. nach 2 Wochen die Xanthellen in dem Gewebe der *Anthea* wieder wahrnehmen. Dies würde für ein freies (schwärmendes?) Leben der Algen zeugen.

Weiter berichtet FAMINTZIN (8) im Jahre 1891, daß es ihm gelungen wäre, die in *Paramaecium bursaria*, *Stylonychia* und *Stentor polymorphus* vorkommenden Chlorellen mit unendlicher Vorsicht auf Agar-Agar in Reinkulturen weiter zu züchten.

1892 gibt LE DANTEC (9) an, daß algenlose Individuen von *Paramaecium bursaria* in Gegenwart von algenhaltigen auch mit Chlorellen infiziert werden. Er hat aus Versuchen mit solchen algenlosen Paramäcien und den Zoochlorellen zerquetschter algenhaltiger unter dem Deckglas festgestellt, daß die Algen vom Tiere zunächst gefressen und mit einer Vacuole umgeben werden, daß aber diese Vacuole bald wieder schwindet und die Alge dann direkt im Zelleib liegt und sich durch Vierteilung vermehrt. Auch nach LE DANTEC haben die Algen außerhalb des tierischen Körpers selbständige Lebensfähigkeit in rein anorganischen Medien.

Ebenso wie FAMINTZIN und LE DANTEC soll DANGEARD (10) im Jahre 1900 durch Maceration der Körper von *Stentor*, *Paramaecium* oder *Frontonia* frei lebende Kolonien der symbiontischen Algen erhalten haben. Leider war mir die Arbeit DANGEARD's nicht zugänglich.

Sehr interessant sind die Entdeckungen SCHAUDINN's aus dem Jahre 1899 (11). Er sah, daß die Xanthellen von *Trichosphaerium* im Hungerzustande aus dem Tiere heraustreten. Dabei bemerkte er zunächst eine lebhafte rotierende Bewegung des Plasmas in der Cellulosemembran; dann platzt diese, und das Plasma kriecht amöboid heraus. Bald nimmt es eine ovale Gestalt an, und an einem Pole bildet sich eine seichte Vertiefung, aus der 2 lange, lebhaft flirrende Cilien hervorwachsen, mit deren Hilfe die Xanthelle davonschwimmt.

Gleichzeitig entsteht an demselben Pol ein Schlund. SCHAUDINN betrachtet die Xanthellen im Tierinnern als Ruhestadien von Flagellaten.

Im Jahre 1904 fand PENARD'S (12, p. 62) mit *Actinosphaerium eichhorni* die Alge *Sphaerocystis Schroeteri* in Symbiose lebend. Neben der gewöhnlichen kugligen Form der Alge fand er auch noch eine ovoide Form von 7–10 μ Größe, die mit einer Membran umkleidet ist. Innerhalb des *Actinosphaerium* konnte er an der ovoiden Form durchaus keine Geißeln bemerken. Es gelang ihm aber, einige dieser besonderen Formen, die sich zufällig in den großen Vacuolen des Ectoplasmas befanden, nach außerhalb des Tierkörpers zu befördern. Hier sah er nun nach einiger Zeit an dem vorderen Ende der befreiten *Sphaerocystis* eine Verlängerung entstehen, auf die bald noch eine zweite folgte; nach einigen Stunden waren bereits bei vielen Individuen aus diesen Verlängerungen 2 Cilien geworden, die sehr fein waren und um ein wenig länger, als die Länge der Alge selbst betrug. Diese Cilien wurden bewegt, jedoch ohne daß die Alge ihren Platz verließ. Nur mitunter wurde die Hülle verlassen und als leere, klare und verhältnismäßig dicke Kapsel zurückgelassen. 24 Stunden später verloren die Algen wieder ihre Cilien, blieben ohne Bewegung liegen und vermehrten sich. Diese geißelbesitzenden, isolierten Individuen stellen nach PENARD nichts anderes dar als Zoosporen.

1905 und 1907 haben KEEBLE u. GAMBLE (12 u. 13) die sehr interessanten Verhältnisse bei *Convoluta roscoffensis* beschrieben. Die aus dem Ei schlüpfenden jungen Individuen haben noch keine Algen in ihren Geweben. Erst ungefähr nach 3 Tagen werden sie infiziert und zwar mit farblosen Formen der betreffenden Alge, die zu den Chlamydomonadeae gehört. Im Tiere schwillt die Membran des infizierenden Organismus stark an, und es findet Teilung statt. Die Alge, die in einer großen und einer kleinen Form erscheint, vermehrt sich in der kleinen Form durch Vierteilung, in der großen durch Achteilung. Die Tochterzellen wandern aus der großen Mittelvacuole der *Convoluta* an ihre endgültigen Plätze, wo sie zunächst auch in kleine Vacuolen eingebettet sind. Allmählich scheidet sich der Protoplast in grünen Chloroplasten und farbloses Protoplasma. Übrigens kann die Infektion auch durch die grünen Algen geschehen. Bei der weiteren Teilung der Algen im *Convoluta*-Gewebe kann man eine fortschreitende Degeneration wahrnehmen, als deren erstes Kriterium KEEBLE u. GAMBLE das Schwinden der deutlich

sichtbaren Zellmembran ansehen, die sich aber am deutlichsten in einer vollständigen Degeneration des Kernes äußert. KEEBLE u. GAMBLE vergleichen die pflanzlichen Symbionten der erwachsenen *Convoluta* mit den roten Blutkörperchen der höheren Wirbeltiere, die bei beschränkter Lebensfähigkeit eine ganz spezialisierte Funktion haben. Die Algen aus einer erwachsenen *Convoluta* sind nicht mehr imstande, außerhalb des tierischen Organismus ein selbständiges Leben zu führen. Mit dem Tode der *Convoluta* geht unbedingt die in ihr enthaltene Algengeneration zugrunde, da sie das Ei ihres Wirtstieres nicht infizieren kann. Die Infektion der jungen *Convoluten* kann deshalb nie von einer Alge geschehen, deren Vorfahren je im Körper einer *Convoluta* gelebt haben, sondern muß stets von Individuen der frei lebenden, schwärmenden Generation geschehen. Die schwärmenden Chlamydomonadeae werden chemotactisch an die Eikapseln herangezogen und entwickeln sich in diesen zu großen Mengen farbloser oder grüner Schwärmer, die die vorher ausgeschlüpften jungen Tiere infizieren. Die schwärmenden Algen besitzen 4 Geißeln und treten in einer größeren und einer kleineren Form auf. Alle diese Verhältnisse haben KEEBLE u. GAMBLE mit bewunderungswürdiger Sorgfalt und Genauigkeit festgestellt.

1907 wiederholte WINTER (15) an den Symbionten von *Peneroplis* die oben geschilderten Erfahrungen SCHAUDINN'S. Während der Umwandlung des amöboiden Zelleibes in einen flagellatenähnlichen Zustand bemerkte er zuweilen rotierende Bewegung.

Neuesterdings (1909) hat WESENBERG-LUND (16) im Freien in den ersten Wintermonaten nach Zerfall ungemein zahlreicher Stentorenkolonien, die mit Zoochlorellen in Symbiose leben, die betreffenden Gewässer mit pelagisch lebenden grünen Algen, ein richtiges Zoochlorellenplancton, gefunden. Es liegt nahe, zu vermuten, daß die plötzlich auftretenden Algen aus den Geweben der gestorbenen Stentoren stammen.

Aus dieser Zusammenstellung ersieht man, daß es außer den Beobachtungen PENARD'S und KEEBLE u. GAMBLE'S noch nicht gelungen ist, viel über ein freies, schwärmendes Leben der zahlreichen symbiontischen Chlorellen und Xanthellen zu erfahren. Wenn ich jetzt zu meinen eigenen Beobachtungen übergehe, so möchte ich von vornherein betonen, daß sie auch nicht geeignet sind, grundlegende Aufklärungen zu geben, da mir die Zeit zu eingehenden Versuchen mangelte und ich mich auch hier durchaus auf gelegentliche Beobachtungen beschränken mußte. Was ich in erster Linie bezwecke,

ist, eine Anregung für eine besonders gründliche Untersuchung der interessanten Verhältnisse bei *Pachycordyle fusca* zu geben. Das Objekt ist durch die Einfachheit seiner Gestaltung und die Übersichtlichkeit der gesamten biologischen Verhältnisse ungemein für derartige Untersuchungen geeignet.

Vorausschicken will ich, daß in den Eizellen der *Pachycordyle fusca* nie Xanthellen anzutreffen sind, also Infektion jeder neuen Generation durch schwärmende Algen stattfinden muß. In einem Stückchen leerer Perisarkröhre, dessen letztes Plasma gerade abgestorben war und das an den beiden offenen Enden durch Schleim, Schlamm, Plasma-reste usw. verschlossen war, sah ich zum ersten Male die Eigenbewegung der Xanthellen. In dieser Röhre waren einzelne Algen, völlig losgelöst von jeglichem tierischen Gewebe, zurückgeblieben. Unter ihnen hatten die meisten bei der gewöhnlichen Breite eine kaum merkliche Längsstreckung und in der Mitte eine ebenso schwache Einschnürung erfahren, ähnlich wie es zum Beginn der Zweiteilung vorkommt, nur daß die Bildung einer Quermembran unterblieb. Außerdem waren diese Xanthellen auch etwas dunkler gefärbt als normale. Diese Individuen waren es, die die Bewegungen ausführten. Die Veränderungen an ihnen sind jedoch so geringfügig, daß ich auf keinen Fall behaupten will, alle schwärmenden Algen der *Pachycordyle fusca* hätten diese Veränderungen erfahren. Die Xanthellen begannen, kurz nachdem ich das Schälchen auf den Mikroskoptisch gesetzt hatte, sich zunächst langsam um die eigene Achse zu drehen und sich dabei vorwärts zu bewegen. Doch dies währte nur einen Augenblick; dann ging die Bewegung in eine schnell kreisende über, wie wenn die Alge an einen Faden angebunden wäre und um einen Mittelpunkt herumgeschleudert würde. Gelegentlich erschien diese Bewegung auch spiralig, wie das Kreisen einer Feuerwerkssonne. Der imaginäre Mittelpunkt der Bewegung blieb fest bestehen. Aus dieser kreisenden Bewegung heraus schießt die Xanthelle plötzlich ein Stück geradlinig davon, bis sie an die Wand der Chitinröhre stößt, geht auf und nieder, wirbelt zwischen den anderen tanzenden Xanthellen hindurch, kreist dann wieder einen Augenblick, schießt wieder fort usw. Alle Bewegungen geschehen sicher und gleichmäßig, nur werden sie oft durch plötzliches Stillstehen unterbrochen und gewinnen dadurch den Anschein einer ruckartigen Bewegung. So habe ich die Algen sich stets bewegen sehen und nicht nur innerhalb geschlossener oder offener Chitinröhren, sondern auch im freien Wasser, wo die Beobachtung naturgemäß

schwerer ist. Hier sah ich wiederholt, daß die Kugeln plötzlich aus dem Tanzen innerhalb eines beschränkten Bezirkes schnurstracks auf das in der Nähe liegende tierische Gewebe, von dem sie sich isoliert hatten, zuschossen, es mehrere Male an verschiedenen Stellen kurz berührten und dann wieder zur alten Stelle zurückkehrten, um lustig weiter zu tanzen. So oft ich versuchte, eine der umherwirbelnden Xanthellen einzufangen, und vorsichtig die Pipette näherte, schossen alle in dem bewegten Wasser befindlichen Algen auf das in der Nähe liegende Gewebe der *Pachycordyle fusca* zu und hefteten sich an dessen Oberfläche an. Alle Versuche, sie von dort wegzuspülen, scheiterten. Bei längeren Beobachtungen der im freien Wasser tanzenden Kugeln fand es sich zuweilen, daß eine von ihnen plötzlich in schnurgerader Richtung sich von der *Pachycordyle* fortbewegte und nicht wieder zurückkehrte. Die im Anfang erwähnte langsame, stetige Drehbewegung der Xanthellen um die eigene Achse, die meist auch mit einer gelinden Fortbewegung verbunden war, konnte ich nicht so häufig beobachten, am meisten nach Ruhepausen oder in Stadien der Ermattung, kurz bevor sich die Xanthelle an irgendeinem Punkte festsetzte. Diese langsame Fortbewegung ist nicht zu verkennen und hat mit der ruhelosen, hastig tanzenden nichts gemein. Einmal beobachtete ich, daß eine unbeweglich sitzende Xanthelle von einer großen Amöbe umflossen wurde. Sobald sie jedoch in deren Endoplasma gekommen war, befreite sie sich plötzlich gewaltsam und bewegte sich ein wenig fort. Auch die Amöbe kroch von der betreffenden Stelle fort, kehrte jedoch bald wieder zurück und umfloß die Xanthelle noch einmal. Wieder suchte sich diese durch eine plötzliche Bewegung aus der Umarmung zu befreien, blieb jedoch an der Oberfläche der Amöbe hängen und wurde nun von dem weiterkriechenden Tiere fortgetragen, wobei sie sich gleitend und drehend hin- und herbewegte.

Die Frage, auf welche Art und Weise die eben beschriebenen Bewegungen bewerkstelligt werden, macht sehr viel Schwierigkeiten. Am still liegenden Objekt lassen sich auf der dicken Membran keinerlei Geißeln und Cilien entdecken. Es muß dabei aber gesagt werden, daß die Beobachtung mit stärkeren Vergrößerungen stets stark unter den die Xanthellen umgebenden Medien litt. Es ist kaum anders möglich, als daß die Fortbewegung mit Hilfe von Cilien oder Geißeln ausgeführt wird. Daß es nicht etwa irgendwelche anderen Organismen sind, an denen die Xanthellen haften

und von denen sie mitgeschleppt werden, dafür bürgt ihr tanzendes Spiel innerhalb der geschlossenen Chitinräume, in die ein fremder Organismus nicht eingedrungen sein kann. Die drehende und langsame Fortbewegung, die ja auch WINTER an den Xanthellen von *Peneroplis* beobachtet hat, erweckt ganz den Anschein, als ob sie von einem Wimperkleid ausgeführt würden, das über die ganze Membran verteilt ist. Einige Male glaube ich denn auch an Xanthellen, die durch irgendeinen Umstand, wie Festklemmen oder dergleichen, gezwungen wurden, in der Vorwärts- und Drehbewegung aufzuhören, kurze Zeit nach dem Festsetzen eine Flimmerbewegung an der ganzen Peripherie entlang laufen gesehen zu haben. Es will mir auch ganz natürlich erscheinen, daß ich bei der immerhin schwachen Vergrößerung (bis 500mal) — unter einem Deckglase bewegten sich die Xanthellen nie — das schnelle Schlagen der Wimpern während der Vorwärtsbewegung nicht erkennen konnte und daß die Wimpern im Ruhezustand eingeschlagen sind. In den Fällen nun, in denen ich das Schlagen der Wimpern glaube gesehen zu haben, wurde die Bewegung der Xanthelle durch irgendeinen äußeren Umstand plötzlich gehemmt. Einen Augenblick schlugen die Wimpern noch weiter, erlahmten dann in ihrer Bewegung und wurden eingeschlagen. In dem Moment der Erlahmung, des Langsamerschlagens konnte ich meine Beobachtungen machen. Ob aber die schnelle, kreisende, zickzackförmige und geradlinige Bewegung auch von denselben Wimpern hervorgerufen wird? Dies scheint mir wenig wahrscheinlich, vielmehr sieht diese ganze Bewegungsart so aus, als ob sie von einer oder mehreren großen Geißeln ausgeführt würden. Und in der Tat habe ich viermal an langsamer tanzenden Xanthellen blitzschnell einen lichtbrechenden Körper wahrnehmen können. Auch von einer oder mehreren Geißeln könnte man annehmen, daß sie sich bei einer so blitzartig vor sich gehenden Bewegung der Beobachtung entziehen und daß sie andererseits in der Ruhelage ebenfalls eingeschlagen sind. — Nach meinen Vermutungen besäßen die schwärmen- den Algen der *Pachycordyle fusca* also 2 Arten von Fortbewegungsmitteln: Wimpern und Geißeln nebeneinander, die aber nicht zu gleicher Zeit gebraucht werden.

Es wird hier noch interessieren, daß ich in meiner oben zitierten Arbeit (18, p. 411—412) folgendes anführte: In dunkel gehaltenen Kolonien von *Pachycordyle fusca* drängen sich die Zooxanthellen in den Hypostomen der Hydranthen bis zur äußersten Möglichkeit zusammen, während die übrigen Stammteile ganz von ihnen entblößt

werden. Nach und nach verlassen dann die Algen den Hydranthen, und es bleiben nur wenige zurück, die sich wieder über den ganzen Hydrocaulus verteilen. Nach meinen obigen Ausführungen wird man annehmen können, daß die Algen selbständig ausgetreten und fortgeschwärmt sind.

Königsberg i. Pr., den 5. November 1913.

Literaturverzeichnis.

1. 1871. CIENKOWSKY, Über Schwärmerbildung bei Radiolarien, in: Arch. mikrosk. Anat., Vol. 7.
2. 1881. BRANDT, Untersuchungen an Radiolarien, in: Monatsber. Akad. Wiss. Berlin, 1881.
3. 1882. v. GRAFF, Monographie der Turbellarien. 1. Rhabdocoelida, Leipzig.
4. 1882. ENTZ, Über die Natur der „Chlorophyllkörperchen“ niederer Tiere, in: Biol. Ctrbl., Vol. 1, 1881—1882.
5. 1883. BRANDT, Über die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Thieren. 2. Art., in: Mitth. zool. Stat. Neapel, Vol. 4.
6. 1885. KLEBS, L. v. GRAFF, Zur Kenntnis der physiologischen Funktion des Chlorophylls im Tierreich. (Ref.), in: Biol. Ctrbl., Vol. 4.
7. 1890. BEIJERINCK, Kulturversuche mit Zoochlorellen, in: Bot. Ztg., Vol. 48.
8. 1891. FAMINTZIN, Beitrag zur Symbiose von Algen und Thieren, in: Mém. Acad. Sc. St. Pétersbourg (7), Vol. 38, No. 4.
9. 1892. LE DANTEC, Recherches sur la symbiose des Algues et des Protozoaires, in: Ann. Inst. Pasteur, Vol. 6.
10. 1900. DANGEARD, Les Zoochlorelles de Paramécium, in: Botaniste (7), fasc. 3, 4.
11. 1900. SCHAUDINN, Untersuchungen über den Generationswechsel von Trichosphaerium sieboldi SCHN., in: Anh. Abh. Akad. Wiss. Berlin, 1900.
12. 1904. PENARD, Les Héliozoaires d'eau douce, Genève.

13. 1905. KEEBLE and GAMBLE, On the isolation of the infecting organism („Zoochlorella“) of *Convoluta roscoffensis*, in: Proc. Roy. Soc. London (B), Vol. 77, 1906.
14. 1907. —, The origin and nature of the green cells of *Convoluta roscoffensis*, in: Quart. Journ. microsc. Sc. (N. S.), Vol. 51.
15. 1907. WINTER, F. W., Zur Kenntnis der Thalamophoren. I. Untersuchung über *Peneroplis pertusis*, in: Arch. Protistenkunde, Vol. 10.
16. 1909. WESENBERG-LUND, Beiträge zur Kenntnis des Lebenszyklus der Zoochlorellen, in: Internat. Rev. Hydrobiol., Vol. 2.
17. 1913. KURT MÜLLER-CALÉ und EVA KRÜGER, Symbiontische Algen bei *Aglaophenia helleri* und *Sertularella polyzonias*, in: Mitth. zool. Stat. Neapel, Vol. 21.
18. 1913. MÜLLER, HERBERT C., Die Regeneration der Gonophore bei den Hydroiden und anschließende biologische Beobachtungen. Teil I. Athecata, in: Arch. Entw.-Mech., Vol. 37.
19. 1913. —, —, Teil II. Thecata, ibid., Vol. 38.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Tiere](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Müller Herbert Constantin

Artikel/Article: [Notiz über Symbionten bei Hydroiden. 267-282](#)