© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ueber parasitische Algen.

Von

Dr. Ferdinand Cohn.

Mit Tafel II.

So lange man überhaupt die Pilze als eine selbstständige, auf physiologische und vegetative, wenn auch nicht auf Fortpflanzungs-Charaktere gegründete Klasse der Thallophyten den Algen gegenüberstellt, so wird als ihr wichtigstes Unterscheidungs-Merkmal hergebrachter Weise der Mangel des Chlorophylls angegeben, und es wird angenommen, dass eben dieses Mangels wegen die Pilze auf die Ernährung durch organische Verbindungen und in Folge dessen auf eine parasitische Lebensweise angewiesen seien, da sie nicht im Stande sind, gleich den grünen Pflanzen, anorganische Verbindungen im Sonnenlicht zu assimiliren.

Neuere Forschungen, auf welche ein nachfolgender Aufsatz specieller eingehen wird, haben, an die Untersuchungen von Pasteur anknüpfend, die für die Ernährung der Pilze erforderlichen organischen Verbindungen dahin näher bestimmt, dass die Pilze zwar ihren Stickstoff auf die nämliche Weise, wie die grünen Pflanzen, aus Ammoniak oder Salpetersäure entnehmen, dass sie aber nicht im Stande seien, Kohlensäure gleich den grünen Pflanzen zu zerlegen und daher für die Aufnahme ihres Kohlenstoffs auf die Assimilirung von Kohlenhydraten und ähnlichen, in Organismen gebildeten Kohlenverbindungen angewiesen sind. Den grünen Pflanzen dagegen und insbesondere auch den Algen, wird die Fähigkeit, solche organische Verbindungen zu assimiliren, in der Regel abgesprochen. (Vergleiche indess hierüber Sachs, Experimentalphysiologie p. 126. Solms-Laubach, Ueber Bau und Entwicklung der Ernährungsorgane parasitischer Phanerogamen, Pringsheims Jahrbücher VI. p. 514 seq.)

Es ist jedoch längst bekannt, dass echte parasitische Phanerogamen, wie die Loranthaceen und viele Santalaceen und Rhinanthaceen,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

welche mit Saugwurzeln in die inneren Gewebe anderer Pflanzen eindringen, und aus diesen allein ihre sämmtlichen Nährstoffe beziehen, gleichwohl Chlorophyll in ihren Laubblättern entwickeln. Zwar steht durchaus nicht fest, dass die Saugwurzeln dieser grünen Parasiten aus dem Gewebe ihrer Nährpflanzen wirklich organische Verbindungen aufnehmen, da dieselben ja vielleicht, so gut wie die Wurzeln der terrestrischen Phanerogamen, auch die Fähigkeit besitzen, alle organischen Verbindungen auszuschliessen und nur anorganische durch Endosmose aufzunehmen. So lange jedoch der Beweis für eine solche Vermuthung nicht gegeben, muss die Thatsache der grünen Parasiten Zweifel gegen die Annahme erwecken, dass die Gegenwart des Chlorophylls mit der Assimilirung organischer Verbindungen unverträglich sei.

Ein gleiches Bedenken wird uns durch die bekannte Beobachtung aufgedrängt, dass auch viele niedere Thiere (Infusorien, Zoophyten, Turbellarien) in ihren Geweben echte Chlorophyllkügelchen entwickeln, welche mit denen der Pflanzen in allen Beziehungen, und namentlich in ihren chemischen und spectroscopischen Reactionen übereinstimmen. In einer am 12. April 1867 im Pflanzenphysiologischen Institut vorgenommenen Untersuchung haben Dr. Schroeter und ich uns in Uebereinstimmung mit älteren Beobachtungen von Angström und Max Schultze überzeugt, dass das Spectrum eines alkoholischen Chlorophyllextractes aus dem Infusorium *Ophrydium versatile*, welches bekanntlich Colonien in Form kopfgrosser Gallertklumpen bildet, sich in Nichts von dem des gewöhnlichen pflanzlichen Chlorophylls unterscheidet. Gleichwohl kann nicht daran gedacht werden, dass die chlorophyllhaltigen *Paramecium-, Stentor-, Vorticella-, Hydra-, Turbellaria-* u. a. Arten sich in ihrer Assimilirungsthätigkeit anders verhalten, als die farblosen oder braunen Arten dieser Thiergeschlechter.

Es ist hier nicht der Ort, die Theorien zu kritisiren, durch welche man das Vorkommen des Chlorophylls mit der Ernährung der grünen phanerogamischen Parasiten in Einklang zu bringen sucht, da dieselben bisher der experimentellen Grundlage entbehren. Von den grünen Algen ist bis in die neueste Zeit wohl allgemein angenommen, dass sie ihre Zellen ausschliesslich aus Kohlensäure und Ammoniak sammt den erforderlichen Nährsalzen aufbauen, dagegen organische Kohlenverbindungen nicht assimiliren, dass sie daher niemals echte Parasiten sein können. Die von Famintzin veröffentlichten Versuche, „die anorganischen Salze als ausgezeichnetes Hilfsmittel zum Studium der Entwickelungsgeschichte niederer Pflanzenformen“ zu verwenden (Bot. Zeit. 1871 p. 749) haben für gewisse Algen eine neue höchst interessante Bestätigung dieses Satzes gegeben. Erst in den

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

letzten Wochen sind jedoch von verschiedenen Seiten Beobachtungen aneinander gereiht worden, welche beweisen, dass auch grünen Algen eine parasitische Lebensweise nicht fremd ist.

Ich sehe hierbei ab von der bekannten Thatsache, dass ein grosser Theil der kleineren Algen als Epiphyten auf der Oberfläche anderer Wasserpflanzen, insbesondere grösserer Algen, festhaften; zahlreiche Diatomeen sind theils mit Stielen *(Cocconema, Gomphonema* etc.) befestigt, theils adhäriren sie mit einer ihrer Zell-Flächen *(Epithemia, Cocconeis).* Auch fast in allen anderen Ordnungen der Algen giebt es Gattungen und Arten, welche ausschliesslich als Epiphyten auf fremden Formen mit Hülfe eines ausgeschwitzten Schleims festgeklebt, oder durch Saugscheiben angeheftet sind, so unter andern grüne Oedogonieen, braune Ectocarpeen und rothe Polysiphonien; die kriechenden Coleochaeten überziehen die Oberhaut lebender Wasserpflanzen mit einer grünen Rinde. Da jedoch die nämlichen oder doch verwandte Arten nicht blos auf lebenden Pflanzen, sondern auch auf Steinen oder Muschelschalen sich befestigen, so ist eine echte parasitische Beziehung dieser Epiphyten zu ihren Trägern nicht erweislich; die ersteren werden daher gewöhnlich zu den falschen Parasiten gezählt. Auffallend ist nur, dass insbesondere unter den Florideen und Phäosporeen gewisse Arten ausschliesslich und constant auf bestimmten Seetangen wachsen, so *Polysiphonia fastigiata* nur auf *Fucus nodosus;* ich finde in Le Joli's „Verzeichniss der Meeralgen aus der Umgebung von Cherbourg" unter anderen nachstehende Arten als constante Epiphyten aufgeführt: *Streblonema velutinum* und *Elachistea scutulata* auf *Himanthalia lorea, Ectocarpus simplex* auf *Codium, E. insignis* auf *Laminaria Phyllitis, E. Griffithsianus* auf *Rhodymenia palmata, Elachistea stellata* auf *Dictyota dichotoma, E. stellaris* auf *Arthrocladia villosa, E. pulvinata* und *flaccida* auf *Cystosiren, E. fucicola* auf *Fucus, E. Grevillei* auf *Cladophora rupestris, Ectocarpus Crouani* und *Myriotrichia clavaeformis* auf *Scytosiphon lomentarius,* die letztere (var. *Zostericola*) mit *Castagnea Zosterae* auf *Zostera marina* u. s. f.

Die Gallertalgen, deren Zellfäden durch eine aus der Aufquellung ihrer Scheiden hervorgegangene, mehr oder minder verflüssigte Intercellularsubstanz verbunden sind, werden häufig von fremden Algen bewohnt, die sich in den Schleim einnisten; wir finden solche Gäste ebensowohl im Innern der Chaetophoreen des süssen Wassers, wie in gallertartigen Phaeosporeen und Florideen *(Mesogloea* und *Dudresnaya).* Pringsheim in seinen „Beiträgen zur Morphologie der Meeresalgen" erwähnt *Streblonema viride,* welches zwischen den

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Rindenfäden von *Mesogloea virescens* sich so verbreitet, dass es sich kaum von ihnen unterscheiden lässt. Aehnliche Algen haben Derbès und Solier im Innern von Castagneen, Crouan in einer gallertartigen Floridee, *Dudresnaya coccinea,* beobachtet. In unsern Chaetophorakugeln nisten fremde Diatomeen, Nostoceen und Zoosporeen. In den meisten dieser Fälle steht jedoch die Annahme offen, dass die beweglichen Fortpflanzungszellen des Gastes in der weichen Intercellularsubstanz des Wirthes keimen und dann nachträglich von dem lockern Fädengeflecht desselben eingeschlossen werden, dass daher nur von einem zufälligen Beisammenwohnen, nicht von dem Parasitismus echter Endophyten gesprochen werden könne.

Anders ist anscheinend das Verhältniss, in welchem gewisse grüne Algen zu dem geschlossenen Thallus verschiedener rother Florideen stehen. In meinem Aufsatze: „Ueber grüne Schläuche der *Cruoria pellita Fr.*“ (Beiträge zur näheren Kenntniss und Verbreitung der Algen, herausgeg. von Dr. L. Rabenhorst, Heft II., Leipzig 1865), in welchen ich zuerst auf diese eigenthümlichen Vereinigungen aufmerksam gemacht zu haben glaube, beschrieb ich das Vorkommen grüner stärkereicher schmal lanzettlicher oder breit birnförmiger, am untern Ende in einen langen soliden Zellstoffstiel auslaufender Schläuche zwischen den eng aneinander gedrängten Fäden einer *Cruoria* von Helgoland, einer dunkelpurpurnen Krustenalge aus der Klasse der Florideen. Die grünen Schläuche sind so regelmässig eingelagert, dass ich anfänglich, und wahrscheinlich schon früher andere Beobachter, dieselben als normale Fortpflanzungszellen der *Cruoria* angesehen hatte; es ist jedoch kein Zweifel, dass es fremde endophytische Eindringlinge sind, die auf eine noch nicht ermittelte Weise in die festen Krusten dieser Florideen hineingelangen.

Schon im Jahre 1850 fand Mettenius in unzähligen Exemplaren einer anderen Floridee, dem durch seinen dichotomisch verzweigten stielrunden Thallus bekannten *Polyides lumbricalis,* grüne, mit Chlorophyll, besonders am äussersten Ende dicht erfüllte Zellen, einzeln weit von einander, oder zu mehreren, 2—6, zusammen, deren schmäleres Ende direkt von der Cuticula des Polyides bedeckt, ihr übriger Umfang dagegen von dem benachbarten und mit ihrer Ausdehnung verdrängten Parenchym der Floridee umgeben war (Beiträge zur Botanik Heft I. p. 39. Tab. IV. Fig. III. 1.) Mettenius hatte in diesen Zellen die Sporenmutterzellen des Polyides vermuthet; es konnte mir jedoch kein Zweifel sein, dass dieselben dem Polyides fremd und vielmehr die Keimlinge einer parasitischen Chlorosporee seien.

Thuret gab mir in einem im Jahre 1864 an mich gerichteten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Briefe, den ich ebenfalls in meinem oben citirten Aufsatze bekannt gemacht habe, freundliche, durch eine beigelegte Zeichnung erläuterte Auskunft über seine eigenen Beobachtungen in Betreff der im Innern der *Polyides* schmarotzenden Zoosporee.

Er bestimmte dieselbe als die gewöhnlich epiphytisch auf *Polyides* und anderen Seepflanzen *(Gracilaria, Chaetomorpha, Zostera)* sehr gemeine *Cladophora lanosa*. Die gekeimten Zoosporen der *Cladophora* fand er mitten im geschlossenen Corticalgewebe des *Polyides* als grüne ovale und kuglige Zellen, die sich lange Zeit vergrössern, ohne sich zu theilen, wie dies bei andern gekeimten Schwärmsporen stattfindet; erst gegen das Ende des Winters fangen sie an sich zu theilen, worauf die Endzelle nach aussen sich verlängert, das Rindengewebe des *Polyides* durchbricht und sich schliesslich zu einem kleinen lichtgrünen Cladophorenbusch entwickelt.

Ich selbst hatte bei einem Besuch von Helgoland im September 1865 ebenfalls Gelegenheit, die grünen Parasiten im Innern des *Polyides* genau so zu beobachten, wie sie Mettenius und Thuret geschildert; die bald mehr kugligen, bald mehr ovalen, Chlorophyll- und stärkereichen dickwandigen Zellen hatten eine Länge von 90 bis 100 Mikrom. und eine Breite von 25—50 Mikrom. und waren theils von dem Rindengeflecht umschlossen, zum Theil sogar ins Markgeflechte eingelagert; sie sind so zahlreich, dass sich auf jedem Querschnitt eine ganze Anzahl der grünen Schläuche zeigten. Ich fand jedoch nirgends eine Andeutung dafür, dass diese grünen Endophyten des *Polyides* sich später durch Querscheidewände zu theilen, zu gegliederten und verästelten Conferven sich zu entwickeln und die Rinde jener Floridee wieder zu durchbrechen vermöchten. Ohne daher die Thuret'schen Beobachtungen anzuzweifeln, möchte ich doch die bei Helgoland von mir in *Cruoria* und *Polyides* beobachteten grünen Zellen nicht ohne weitere Untersuchungen mit der Thuret'schen *Cladophora lanosa* identificiren, da die nachfolgenden Beobachtungen die Möglichkeit in den Vordergrund rücken, dass auch andere grüne Algen im Innern fremder Pflanzen schmarotzen. Auch die von Thuret und mir selbst (l. c. p. 39) ausgesprochene Vermuthung, dass die Sporen der Endophyten ursprünglich auf der Oberfläche der Florideen keimen und erst nachträglich durch Entwickelung des Gewebes derselben überwallt und eingeschlossen werden, muss von Neuem geprüft werden, da die von mir weiter unten bekannt gemachten Beobachtungen auch ein actives Eindringen der Keimschläuche möglich machen.

Die Frage von dem Verhalten der Flechtengonidien zu dem Hyphen-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

geflecht der *Ascosporeae,* dessen constante Begleiter dieselben sind, giebt den Untersuchungen über die endophytische Lebensweise grüner Algen ein besonderes Interesse. Seitdem, wie dies in neuester Zeit von fast allen Forschern geschieht, die Gonidien nicht als integrirende Gewebszellen des Flechtenthallus, sondern als fremde, selbstständiger Fortpflanzung fähige Algen betrachtet werden, ist diese auffallende Lebensgemeinschaft heterogener Thallophyten gewöhnlich so aufgefasst worden, als würden die Algen von dem Mycel eines Ascomyceten umsponnen und das Consortium beruhe auf der Grundbedingung, dass der Pilz den Algen die rohen anorganischen Nährstoffe zuleite, während er selbst von ihnen die für seine Existenz benöthigten organischen Verbindungen geliefert erhalte; dass daher der Pilz parasitisch auf den Algen vegetire, und von den durch die Thätigkeit ihres Chlorophylls producirten organischen Nährstoffen mittelbar oder unmittelbar ernährt werde.

Während noch in den letzten Monaten Rees (Berliner Monatsberichte Oct. 1871) und Schwendener (Flora 1872. No. 12) durch anatomische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen den Nachweis führten, dass die Formen der Collemaceen durch parasitische Discomyceten, deren Mycel in die Gallert eines *Nostoc* eindringt, entstehen, wurden fast gleichzeitig von zwei Seiten neue überraschende Beobachtungen über endophytische Nostoceen veröffentlicht, welche grade umgekehrt diese Algen als Parasiten in höheren Pflanzen erkennen liessen. In einer der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften am 2. Dec. 1871 vorgelegten Mittheilung „über gonidienartige Bildungen in einer dicotylischen Pflanze" (Göttinger gelehrte Anzeigen No. 25, 1871), sowie in einem späteren Aufsatz „über die anatomischen Verhältnisse einiger Arten von *Gunnera*" (Separatabdruck aus derselben Zeitschrift, 1872) beschreibt J. Reinke das Vorkommen von Schmarotzeralgen aus der Klasse der *Nostoceae* in den Stämmen von *Gunnera scabra* und vier anderen Arten derselben Gattung. Diese Algen, deren specifische Bestimmung zweifelhaft blieb *(Scytonema* oder *Anabaena)*, stellen Phycochromhaltige knäuelförmige, aus verschlungenen Fäden gebildete Ballen dar, deren Gliederzellen von Interstitialzellen unterbrochen sind. Die Nostoceenfäden leben zuerst frei in den Laubknospen der *Gunnera,* und zwar in dem Schleim, welcher von grossen, auf der Rückseite der jungen Blätter stehenden Drüsen geliefert wird. Später lösen sich nicht nur diese Drüsen selbst vollständig in Schleim, sondern es verschleimen auch ganze Zellreihen unter den Drüsen bis in das Stammparenchym der *Gunnera* hinein; indem die Algenfäden in den so entstandenen Schleimkanälen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wuchern, dringen sie schliesslich selbst in die Parenchymzellen durch deren grosse Tüpfel ein und füllen ganze Gruppen derselben mit dichten blaugrünen Fadenknäueln aus. Dabei wird der Zugang zu den Nostoccennestern durch neugebildetes Parenchym, welches das ehemalige Drüsengewebe ersetzt, verschlossen, und die Algen vollständig gefangen, so dass sie ihre Nahrung fortan nur aus dem gerbstoffreichen Safte der *Gunnera* erhalten; es ist daher das Verhältniss der Gonidien bei *Gunnera* das entgegengesetzte von dem bei den Flechten durch Schwendener angenommenen.

Die Arbeit von E. v. Janczewski in No. 5 der botanischen Zeitung vom 2. Febr. 1872 (Zur parasitischen Lebensweise des *Nostoc lichenoides)* behandelt das endophytische Vorkommen eines *Nostoc* im inneren Gewebe der laubartigen Lebermoose. Milde war der erste, der in diesen Lebermoosen *(Anthoceros, Chamaeceros, Blasia, Pellia, Diplolaena, Aneura* und *Riccia)* Kugeln voll olivengrüner Nostocähnlicher rosenkranzförmiger Zellschnüre erkannte, wo frühere Beobachter, von Hedwig und Schmidel an, Brutknospenbehälter oder männliche Organe vermuthet hatten. Janczewski erklärte in Folge seiner zum Theil schon aus dem Jahre 1871 stammenden Untersuchungen diese Gebilde für endophytische Nostoccolonieen, einer Art angehörig, die auch ausserhalb der Lebermoose auf dem Erdboden vegetirt; bei *Anthoceros* wandern die aus der terrestrischen Nostocgallert herauskriechenden Rosenkranzfäden, je einer in eine der auf der Unterseite des Lebermoos-Thallus zerstreuten Spaltöffnungen; von da bohrt der Nostocfaden sich weiter in einen daselbst ausmündenden Intercellulargang, indem er sich wurmförmig krümmt, er vermehrt sich hier in bekannter Weise zu einer blaugrünen Fadenkolonie, welche Fortsätze zwischen benachbarte Zellen treibt und schliesslich intercellular eine gewisse Portion des Thallusgewebes durchwuchert. Die von den Nostocfäden überwucherten Thalluszellen leiden anfänglich nur wenig und theilen sich sogar weiter; später verlieren sie Chlorophyll und Protoplasma und werden daher durch den Nostoc geschädigt; dieser dagegen bezieht seine rohen Nährstoffe nur aus dem Anthocerosthallus, da durch die turgescirenden und sich theilenden Schlusszellen die Eintrittsstelle allmählich völlig zugemacht wird, und die gefangene Nostoccolonie nur durch Zersetzung des Thallus wieder austreten kann. In ähnlicher Weise hat v. Janczewski auch das Eindringen der Nostocfäden und deren Entwicklung zu endophytischen Colonien in blattachselständigen hohlen Trichomgebilden von *Blasia pusilla,* sowie in den grossen durchlöcherten Spiralzellen von *Sphagnum* festgestellt; bei *Anthoceros* sogar

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

auf experimentellem Wege, indem er den Lebermoosthallus mit freien Nostocfäden künstlich inficirte.

Die Beobachtungen von Reinke weichen von denen Janczewski's zunächst darin ab, dass die Nostoccolonien der Lebermoose nur in den Intercellularräumen, die der *Gunnera* dagegen in den Zellen des Parenchyms selbst nisten. Beiden könnte der Einwurf entgegengestellt werden, ob nicht die beweglichen Nostocfäden, welche ja auch ausserhalb ihrer Wirthe leben, nur zufällig durch geöffnete Spalten in das innere Gewebe derselben einwandern und sich dort im geschützten Raume günstig entwickeln, dass daher ein echter Parasitismus der Nostoceen nicht ausser Zweifel sei. Die nachstehenden Beobachtungen über endophytische Algen scheinen mir grade darin ein besonderes Interesse zu haben, als sie nicht nur den echten Parasitismus einer Chlorosporee ausser Zweifel stellen, sondern auch ein ganz eigenthümlich complicirtes Consortialverhältniss zwischen Algen verschiedener Ordnungen darlegen.

Bei einer mikroskopischen Untersuchung des Laubes von *Lemna trisulca*, welche ich unter anderen Wasserpflanzen in einem Glasgefäss überwintert hatte, beobachtete ich zuerst am 8. Mai dieses Jahres zahlreiche, theils intensiv smaragdgrüne, theils spangrüne Schläuche, welche in's Innere des Lemnaparenchyms eingesenkt, sich sofort als endophytische Algen kennzeichneten. Ausnahmslos in jedem der von mir untersuchten Lemnasprossen fanden sich bald in grösserer, bald in geringerer Zahl diese Schmarotzer; gewöhnlich konnte man in einem jeden Spross weit mehr als 100, und in einem Gesichtsfeld bei Obj. IV. Hartnack gleichzeitig bis 25 derselben zählen; die nämlichen Endophyten fanden sich auch in frischer, am 10. Mai aus einem Graben bei Breslau geholter *Lemna trisulca*, nicht aber in einer zweiten, einige Tage später aus einer anderen Lokalität gesammelten Probe. Der Versuch, die letztere durch Hineinbringen einzelner mit Schmarotzern besetzter Lemnasprossen zu inficiren, gelang nicht.

Ehe ich jedoch die Entwicklungsgeschichte der Endophyten verfolge, schicke ich einige Worte über die Anatomie des Thallus von *Lemna trisulca* voraus. Ein junger Spross dieser Lemnaart ist der *Lemna minor* nicht unähnlich und besitzt die Gestalt eines ovalen, linsenförmigen, schwach gewölbten, am äusseren Rande gleich einem Selaginellablatt fein gezähnelten Blättchens, das sich in ein dünnes Stielchen verlängert und von drei Nerven durchzogen ist, welche von dem Stielchen ausgehen und nur aus Cambiform, ohne Gefässe, gebildet sind; am Grunde des Stielchens bilden sich rechts und links je

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ein Meristemhöcker als Anlage von 2 Tochtersprossen, ein dritter Hügel auf der Unterseite zwischen jenen ist die Anlage einer Wurzel. Indem später flügelartige Säume paarweise zu beiden Seiten den Rand des Stielchens einfassen, überdecken sie zugleich die Ansatzstellen der jungen Tochtersprosse, etwa wie die Cotyledonen das Knöspchen einer Bohne; die Basis des Stiels selbst verlängert sich nachträglich am Grunde in eine laubartige Fortsetzung, so dass schliesslich die Tochtersprosse kreuzständig aus der Mitte des verlängerten Muttersprosses zu beiden Seiten hervorkommen und an ihren Anheftungspunkten von den Flügeln des Laubrandes eingefasst sind.

Der Thallus der *Lemna trisulca* ist beiderseits von einer Epidermis bedeckt, deren tafelförmige Zellen unregelmässige zickzackartig gebogene Contouren zeigen, und von einer Cuticula überzogen, welche das Benetzen durch Wasser verhindert; auf die einspringenden Winkel der Oberhautzellen sind, wie dies bei vielen Blumenblättern bekannt ist, faltenartige Leisten aufgesetzt, welche auf dem Querschnitt des Thallus gleich Pfeilern die Decke der Epidermis zu tragen scheinen (Tab. II. Fig. 2, 3). Längs des Thallusrandes liegt zwischen den beiden Lagen der Epidermis nur eine einfache Schicht grosser Parenchymzellen, welche zwischen sich grössere Lufträume in den Ecken lassen; in der, einer Mittelrippe gleich verdickten Mitte des Lemnathallus finden sich unter dieser Parenchymzellenschicht noch grosse sechseckige Lufträume, mitunter in zwei Reihen übereinander, welche durch einschichtige Scheidewände von einander getrennt sind (Fig. 3 i); Spaltöffnungen fehlen.

Die Flügel des Lemnathallus bestehen blos aus der Oberhaut und einer einfachen Parenchymschicht, deren Zellen ebenfalls zickzackartig gebogen und mit einspringenden Pfeilern versehen sind. Sämmtliche Zellen der *Lemna trisulca,* mit Ausnahme der Rhaphidenführenden, enthalten Chlorophyllkügelchen, welche die von Borodin entdeckten, durch das Licht beeinflussten Bewegungen vollziehen und in einem späteren Stadium grössere Amylumkörperchen von linsenförmiger Gestalt in so ausserordentlich grosser Menge erzeugen, dass die Zellen dadurch fast undurchsichtig werden. Sobald sich jedoch die zu beiden Seiten entspringenden Sprossen zu entwickeln beginnen, verschwindet die Stärke und bald auch das Chlorophyll aus den Zellen, so dass der Mutterspross allmählich seiner Bildungsstoffe entleert und entfärbt wird, während die Tochtersprosse sich auf seine Kosten ausbilden.

Die in der *Lemna trisulca* nistenden Endophyten sind zweierlei Art, primäre und secundäre, zu der ersteren Klasse gehören die smaragdgrünen Schläuche, zu der zweiten die spangrünen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die smaragdgrünen Schmarotzer pflanzen sich durch Schwärmsporen fort, welche sich aussen auf die Oberhaut der *Lemna* (Fig. 2, 4) anheften; und zwar befestigen sie sich vor dem Keimen immer nur auf die Grenze zwischen zwei Epidermiszellen, und man findet oft auf einem Gesichtsfeld viele Hunderte von frisch gekeimten Schwärmzellen in geringer Entfernung von einander regelmässig auswendig auf den Scheidewänden der Epidermiszellen festsitzen (Fig. 4). Ich habe selbst *Lemna trisulca* gesehen, wo auf jeder Epidermiszellwand Dutzende von Zoosporen dicht nebeneinander angeheftet waren. Die Schwärmspore, welche vor dem Ausschwärmen birnförmig, grün, mit farblosem Schnabel, den Zoosporen von Cladophora ähnlich ist (Fig. 1), wird nach dem Keimen zunächst kugelig, und bekleidet sich mit einer dicken farblosen Zellmembran, welche später noch bedeutend aufquillt und mehrschichtig wird. Die gekeimte Schwärmspore treibt nunmehr einen kräftigen Keimschlauch, dessen Scheitel die beiden Blätter der zu einer Scheidewand verbundenen Seitenflächen zweier Epidermiszellen unter ihrem Anheftungspunkte auseinander treibt (Fig. 2, 3). Auf dem Querschnitt erscheint die gekeimte Schwärmspore in diesem Alter nach Art einer 8 dergestalt eingeschnürt, dass die eine Hälfte über der Epidermis, die andere unter derselben liegt (Fig. 2a.). Leicht unterscheidet man auch bei einer Vergleichung der zickzackartigen Scheidewände der Epidermis nicht blos solche, welche wie gewöhnlich dünn, stark lichtbrechend und einfach, sondern auch solche, welche aufgequollen, schwach lichtbrechend, doppelt contourirt und sichtlich erweicht sind, um das Eindringen dem Keimschlauch der Zoospore zu gestatten (Fig. 4*). Dieser senkt sich in Form eines breiten Keils (Fig. 2b. c.) immer tiefer in's Innere; aus der auswendig zurückbleibenden Sporenkugel wandert der grüne Zellinhalt in den abwärts steigenden Keimschlauch; es bleibt daher das aussen befindliche kugelförmige Ende der Spore als ein farbloser Knopf auf der Oberhaut sitzen, während seine Zellmembran aufquillt und deutliche Schichtungen zeigt (Fig. 2a. b. c., 3, 4); dieser farblose Sporenknopf bezeichnet noch bis in die letzten Entwicklungszustände die Eintrittsstelle des Endophyten (Fig 4, 5a. b. e). Inzwischen ist der Scheitel des Keimschlauchs zwischen den gespaltenen Scheidewänden zweier benachbarter Epidermiszellen bis an die zunächst anstossenden Parenchymzellen vorgedrungen (Fig. 2b), die häufig einen Intercellularraum gegen die Epidermis bilden. Nunmehr schwillt die Spitze des Keimschlauchs blasenförmig auf, indem sie einen Intercellularraum ausfüllt (Fig. 2b.); in der Regel aber spaltet sie auch die beiden Blätter der hier sich berührenden Parenchym-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zellen gleich einem Keil (Fig. 2c.), und vergrössert sich in dem auf solche Weise von ihr selbst hervorgerufenen Intercellularraum rasch zu einer grossen Schlauchzelle, die durch den engeren Keimfaden, wie durch einen Hals, mit der durch den farblosen Knopf verschlossenen Eintrittsstelle im Zusammenhang bleibt. Indem der Bauch der Endophytenzelle sich rasch ausserordentlich vergrössert, comprimirt er das angrenzende Gewebe der Lemna, und so entstehen durch gegenseitigen Druck die manigfaltigsten Gestaltungen sowohl des Schmarotzers als der von ihm zusammengedrückten Parenchymzellen; anfänglich ist der erstere oft halbmondförmig, wie ein Closterium, oder gebogen wie ein Ophiocytium; da er jedoch schnell anschwillt und dabei die Nachbarzellen in seinem Wachsthum überflügelt, so nimmt er schliesslich die Gestalt einer birnförmigen, kugligen (Fig. 5 l. k.), oder eirunden oder mehr in die Länge gezogenen Blase an (Fig. 5 d. f.), deren Bauch in der Regel in einen der sechseckigen Intercellularräume des Lemnathallus hineinhängt (Fig. 3). In andern Fällen äussern sich die Wirkungen des gegenseitigen Drucks dadurch, dass der Endophyt nierenförmig (Fig. 5 e.), oder hufeisenförmig in sich zusammengebogen (wie ein campylotropes Eichen) (Fig. 5 h.), stellenweis eingeschnürt und erweitert (Fig. 5 c.), oder drei- oder mehrlappig ist (Fig. 5 i.) oder dass er dünnere halsartige Verlängerungen in die Ecken der Intercellulargänge hineintreibt (Fig. 5 m.) u. dgl. m. Sehr häufig dringen zwei, drei oder mehrere Keimschläuche an unmittelbar benachbarten Stellen der Epidermis in das Innere des Lemnathallus; diese üben dann bei ihrer späteren Berührung gegenseitigen Druck auf einander, und bilden dann Gruppen von zwei, drei und mehr Endophyten, die mit abgeplatteten Wänden aneinander stossen und in Folge dessen seltsame Gestaltungen (Fig. 5 a. b. c. g. h.) zeigen. Die ausgewachsenen Zellen besitzen einen Durchmesser von 60 bis 100 Mikrom. Die Membran des Schmarotzers lässt sich anfangs kaum von den benachbarten Zellwänden des Lemnaparenchym unterscheiden, wird aber allmählich stärker verdickt; sie zeigt nun eine messbare Breite und deutliche Schichtung (Fig. 5 a. 4); der Inhalt der Zelle ist zuerst wasserhell und nur von einer dünnen, hellgrünen Wandschicht ausgekleidet, die aus dem grünen Plasma des Keimschlauchs hervorgegangen ist (Fig. 2a.); in weiterer Entwickelung aber erzeugt der Schmarotzer eine ausserordentliche Menge von Chlorophyll und seine Zellhöhle füllt sich allmählich beinahe ganz mit reingrünem Protoplasma, in welchem sich zahllose kleine Stärkekörnchen bilden; daher färbt sich der Endophyt, der erst gelbgrün und durchsichtig war, allmählich immer intensiver, und wird schliesslich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

tief dunkelgrün und beinahe undurchsichtig; in der homogenen grünen Substanz sind auch grössere Chlorophyllbläschen gleich Kernen vertheilt. Endlich tritt in dem grünen Protoplasma eine eigenthümliche Art der freien Zellbildung auf, indem sich an verschiedenen Punkten der Zellhöhle in der Nähe der Wand Ansammlungen des grünen Inhalts bilden, die nach innen vorspringende Wellenberge darstellen und durch Wellenthäler von geringerer Tiefe unter einander getrennt sind (Fig. 5 g.) Indem das in den Wellenthälern enthaltene grüne Plasma allmählich ganz und gar nach den Wellenbergen wandert, werden diese von einander völlig isolirt; so zerfällt das grüne Plasma der Endophytenzelle in eine grosse Zahl von Segmenten, die, gleich Dotterkugeln eines gefurchten Froscheі, dicht an einander gelagert sind (Fig. 5 e. f.). In Glycerinpräparaten werden diese Segmente deutlicher, da sich die Plasmamassen durch Contraction mehr abrunden. Schliesslich zerfallen die Segmente wieder in einer Weise, die ich wegen ihrer Undurchsichtigkeit nicht specieller zu verfolgen vermochte (Fig. 5 f.), in eine ausserordentlich grosse Zahl birnförmiger Zoosporen, welche dicht aneinandergedrängt, die Höhle ihrer Mutterzelle ausfüllen (Fig. 5 g. h.); sie sind schön chlorophyllgrün, und ihre kegelförmigen farblosen Schnäbel meist regelmässig nach aussen gerichtet. Der Durchmesser der von mir in diesem Zustande gemessenen Zoosporen betrug 4—5 Mikrom. Inzwischen hat der blasenartige Bauch der Endophytenzelle einen oder mehrere halsartige Fortsätze nach aussen getrieben, die in den Intercellulargängen fortwachsend, die Epidermis spalten und sich auch aussen öffnen (Fig. 5 g. h.), wobei die Epidermis deutliche Querrisse bekommt (Fig. 5 k.); wenn nur ein solcher Hals vorhanden, so scheint derselbe die einfache Ausweitung des ursprünglichen Keimschlauchs zu sein. Auch der Hals wird dicht mit Zoosporen ausgefüllt; und wenn derselbe sich endlich an der Spitze öffnet, werden die Schwärmsporen rasch nach aussen entleert, während die leere Membran der Mutterzelle im Lemnathallus zurückbleibt (Fig. 5 i. k.). Den unmittelbaren Moment des Ausschwärmens zu beobachten, ist mir leider nicht geglückt, obwohl ich spät um Mitternacht und am frühesten Morgen untersuchte, auch längere Zeit einen und denselben Lemnaspross in der feuchten Kammer cultivirte; da man jedoch wegen der Grösse dieser Endophyten immer nur wenig Individuen zu gleicher Zeit im Gesichtsfeld haben kann, so ist nur durch einen günstigen Zufall der richtige Moment zu treffen. Indess habe ich nicht nur häufig freie Zoosporen aus durchschnittenen Mutterzellen austreten und in langsamer Bewegung im Wasser umherschwimmen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sehen, sondern auch mehremal eine grosse Menge kurz zuvor aus einer Zelle ausgetretener Zoosporen über das Gesichtsfeld sich ausbreiten sehen, doch waren dieselben unter dem Druck des Deckglases bereits zu grünen Kugeln zerflossen, ohne sich bedeutend von der Austrittsstelle entfernt zu haben. Ich kenne daher zwar die Gestalt der Zoosporen, sowohl in dem Zustande, wie sie noch im Innern der Mutterzelle aneinander gelagert sind (Fig. 4 a), so wie im frei beweglichen Zustand, vermag jedoch über die Zahl und Anheftung der Wimpern, und die Art und Weise ihrer Bewegung, wie über die Ursache ihrer so regelmässigen Anheftung an die Grenzen der Epidermiszellen nichts mitzutheilen; doch lässt die von mir bereits ermittelte Entwicklung mit Ausnahme dieser Punkte keine Lücke.

Uebrigens befallen die Parasiten alle Regionen des Lemnasprosses, Ober- und Unterseite; an den Laubrändern finden sie sich besonders häufig; die Stiele und Wurzeln sind dagegen in der Regel von ihnen frei; selbst die jungen noch in den Randflügeln eingeschlossenen Sprossen enthalten schon Schmarotzer. Da die Schwärmsporen sich oft auf demselben Lemnaspross anheften, in welchem ihre Mutterzelle eingenistet, so erklärt sich hieraus nicht blos die grosse Zahl der Schmarotzer, welche jeder einzelne Spross ernährt, sondern auch die ungleiche Entwicklung derselben; man findet in demselben Spross alle Altersstufen von dem frischen Keimling bis zur völlig ausgewachsenen Zelle, welche im Begriff ist, selbst Schwärmsporen zu entleeren. Selbst diejenigen Muttersprosse, welche bereits von allem Chlorophyll und Stärke entleert und daher fast farblos geworden sind, sind noch dicht von grünen Parasiten in allen Stadien der Entwicklung bewohnt. Nicht alle Zoosporen jedoch, welche sich an die Oberhaut eines Lemnasprosses anheften, gelangen zu vollständiger Entwicklung; eine grosse Zahl geht unmittelbar nach der Keimung oder nach Bildung eines kurzen Keimschlauchs zu Grunde, und stellt, da sie sich rasch entfärben, farblose Knöpfe auf der Epidermis dar.

Häufig kommt es auch vor, dass nicht alle Zoosporen den Ausgang durch die Halsöffnung finden, sondern dass eine grössere oder kleinere Zahl, oft nur wenige, selbst nur 1—2 in der Mutterzelle zurückbleiben; sie nehmen alsdann beim Keimen eine regelmässige Kugelform an, bedecken sich mit einer dicken Zellhaut und vergrössern sich nicht unbedeutend zu Protococcusähnlichen Zellen, ohne dass dabei die Bildung eines Keimschlauchs oder eines Halses zur Erscheinung käme. Sie scheinen jedoch in diesem Falle keine nor-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

male Entwicklung bis zur Schwärmsporenbildung zu durchlaufen; möglich, dass sie zu Dauerzellen werden (Fig. 5 k.).

Aus obiger Darstellung ergiebt sich, dass der grüne Endophyt der *Lemna trisulca* ein selbstständiger Organismus, und zwar eine Algenspecies aus der Ordnung der *Zoosporeae* ist. Diese Ordnung umfasst Arten mit grünem *(Chlorosporeae)* und braunem Zellinhalt *(Phaeosporeae);* unter ersteren ist es die epiphytische Gattung *Hydrocytium* (A. Braun, *Algae unicell.* p. 24), welche unserem endophytischen Schmarotzer am nächsten kommt; aber grade diese Lebensweise in Uebereinstimmung mit den übrigen morphologischen und entwicklungsgeschichtlichen Verhältnissen weist uns noch auf eine andere Pflanzengruppe, welche zwar wegen ihres farblosen Zellinhalts gewöhnlich von den Algen aus der Ordnung *Zoosporeae* abgetrennt und zu der Pilzordnung der *Phycomycetae* gestellt wird, die aber zweifellos mit den ersteren eine innigst verwandte Reihe darstellen. Und zwar kommt zunächst die Gattung *Synchytrium* in Betracht als die einzige unter den *Chytridieen,* welche in zahlreichen Landpflanzen schmarotzt. Die Monographie von Dr. J. Schroeter „über die Pflanzenparasiten aus der Gattung *Synchytrium*" im ersten Hefte dieser Beiträge, auf welche ich wegen der Einzelheiten verweise, erläutert nicht nur die gesammte Entwicklung dieser merkwürdigen Parasiten, deren erste Entdeckung im Jahre 1863 wir De Bary und Woronin verdanken, sondern zeigt auch eine bis dahin ungeahnte Verbreitung unter der einheimischen Phanerogamenflor (11 Arten auf 17 verschiedenen Nährpflanzen); weitere Beobachtungen, über welche Herr Dr. Schneider in der Sitzung der botanischen Section vom 9. Nov. 1871 berichtete, haben gezeigt, dass eine einzige Art *(Synchytrium laetum* Schroeter) in Schlesien 70 verschiedene Phanerogamenspecies bewohnt, die 26 Pflanzenfamilien angehören, und deren grösste Zahl von Herrn Lehrer Gerhardt in der Umgegend von Liegnitz entdeckt wurde. Schroeter theilt die Gattung *Synchytrium* (l. c. p. 39) in drei Sectionen: *Eusynchytrium,* mit gelbrothem Protoplasma, deren Schwärmsporen in die Zelle einer lebenden Pflanze eindringen, dort zu einer Kugel anschwellen, deren Inhalt in Haufen von Schwärmsporangien zerfällt; am Schluss der Vegetationsperiode bilden sich aus einzelnen Schwärmsporen Dauersporen mit derber dunkelbrauner Membran. Die übrigen Synchytriumarten entwickeln sich so, dass die in die Nährpflanze eingedrungenen Schwärmsporen sich sofort zu Dauersporen ausbilden; aus den durch Verwesung der Nährpflanze frei gewordenen Dauersporen tritt der Inhalt nach Ablauf einer Ruhepause aus und theilt sich in Schwärm-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sporangien. Diese Parasiten zerfallen in zwei Sectionen, *Chrysochytrium* mit gelbem oder rothgelbem Protoplasma, und *Leucochytrium* mit farblosem Protoplasma.

Vergleichen wir den Endophyten von Lemna mit den bisher bekannten Synchytrieen, so stimmt derselbe offenbar in seiner Entwickelung am meisten mit der ersten Section, *Eusynchytrium* überein, da er gleich den Arten dieser Gruppe, alsbald nach seinem Eindringen in die Nährpflanze zu einer kuglichen Zelle anschwillt, deren Inhalt sich zunächst in eine kleinere Zahl von Segmenten theilt. Da diese grösseren Segmente, welche durch freie Zellbildung entstehen, nachträglich noch in die sehr zahlreichen Schwärmsporen zerfallen, so lassen sie sich den Zoosporangien der Synchytrien vergleichen, obwohl sie sich von den letzteren durch Abwesenheit besonderer Membranen um die einzelnen Segmente unterscheiden. Andrerseits erinnert dieses Segmentiren des Zellinhalts von *Chlorochytrium* vor der Zoosporenbildung an die Entwickelungsgeschichte von *Characium,* bei welcher epiphytischen Gattung jedoch dieser Vorgang auf einer succedanen Zweitheilung des grünen Protoplasma beruht; eine solche regelmässige Theilung in Potenzen von zwei habe ich bei *Chlorochytrium* nicht auffinden können. Da eine Bildung von Dauersporen bei den Schmarotzern der Lemna überhaupt noch nicht mit Sicherheit festgestellt ist, so kann die Vergleichung mit *Synchytrium* nicht auf diesen Entwicklungszustand ausgedehnt werden; jedenfalls könnten sich die Dauersporen in der Lemna erst am Schluss der Vegetation aus einzelnen Schwärmsporen umbilden, wie wir in der That dergleichen ruhende Zellen in einzelnen Fällen nachgewiesen haben.

Trotz dieser entwicklungsgeschichtlichen Analogieen unterscheiden sich die Parasiten der Lemna von den *Eusynchytrien* wesentlich durch zwei wichtige Charaktere, die Anwesenheit des Chlorophylls im Protoplasma, und die Bildung eines Keimschlauchs, dessen Scheitel erst zur eigentlichen Zelle anschwillt, während ein Sporenknopf ausserhalb der Nährpflanze zurückbleibt. Die *Synchytrien* entbehren eines solchen Keimschlauchs durchaus, da deren Zoosporen, nachdem sie vollständig in die Nährzelle eingedrungen, ohne Weiteres zu kugligen Blasen aufschwellen; ein Moment, dessen Bedeutung Schroeter mit Recht hervorgehoben hat (l. c. p. 45). Endlich haben sämmtliche *Synchytrien* eine intracellulare Vegetation, da ihre Zoosporen durch die äussere Zellhaut hindurch in das Innere einer Epidermiszelle sich einbohren, und ihre weitere Entwicklung in der Höhle derselben durchlaufen; der Schmarotzer der Lemna dagegen entwickelt sich in einem Intercellularraum, zwischen den Zellen der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nährpflanze. Es muss daher unser Endophyt als eine selbstständige neue Gattung und Art betrachtet werden, welcher ich den Namen *Chlorochytrium Lemnae n. s.* verliehen habe, und der nach seiner Stellung im System zwischen *Hydrocytium, Characium* und die *Chytridien* gehört.

Chlorochytrium n. g. planta endophyta viridis unicellularis, globosa ovoidea vel irregulariter curvata bi, tri, multiloba, dense conferta plasmate viridi, primum in segmenta majora diviso, dein secedente in zoosporas innumeras pyriformes virides processibus tubulosis extus emissas.

Ch. Lemnae n. s. zoosporis extus ad epidermidis superficiem ad cellularum dissepimenta affixis, post germinationem in tubos excrescentibus, qui inter laminas dissepimentorum intus usque ad parenchyma mesophylli provecti, in lacuna intercellulari aucti, in utriculos globosos vel elongatos vel irregulares excrescunt; cellularum adultarum diameter ad 0,1 mm.

Habitat in Lemna trisulca. Bresl. 1872.

Dass *Chlorochytrium* ein Parasit ist, kann nach der oben ausgeführten Entwicklungsgeschichte wohl nicht in Zweifel gezogen werden. Denn wenn auch die Anwesenheit der Endophyten auf das Gewebe der Lemna keinen auffallenden nachtheiligen Einfluss auszuüben scheint, abgesehen natürlich von dem Druck, dem die unmittelbaren Nachbarzellen durch die aufschwellenden Schläuche unterliegen, so widerlegt dies noch nicht die Parasitennatur des letzteren, da auch unzweifelhafte Schmarotzer, wie Synchytrien und Peronosporen, mitunter ihre Nährpflanzen kaum in merkbarer Weise verändern. Ebensowenig kann ein Gegengrund aus der intercellularen Vegetation der Chlorochytrien entnommen werden, weil ja auch die meisten Peronosporen und Uredineen in den Intercellularräumen ihr Mycel entwickeln, und zum Theil selbst der Haustorien entbehren, sondern nur durch Diffusion von ihren Nachbarzellen ernährt werden. Chlorochytrium stimmt gerade mit diesen letzteren Pilzgattungen darin überein, dass seine Sporen nach der Keimung an der Aussenseite der Nährpflanze zurückbleiben und nur der Scheitel des Keimschlauchs durch Spitzenwachsthum in deren Inneres eindringt und die weitere Entwicklung vermittelt. Es würde gewiss Niemand einfallen, dem Chlorochytrium den Charakter eines echten Parasiten abzusprechen, wenn dasselbe farblos oder goldgelb gefärbt wäre. Da der Endophyt vollständig von dem Gewebe der Lemna eingeschlossen ist, so können ihm die Bildungsstoffe, welche dessen mächtiges Wachsthum und die insbesonders reichliche Vermehrung des

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

grünen Plasma und der Stärke veranlassen, offenbar nur durch Vermittlung der Nachbarzellen zugeführt werden. Man könnte allerdings die Hypothese aufstellen, dass die grüne Chlorochytriumzelle, trotz ihrer endophytischen Lage, von dem umgebenden Gewebe der Lemna nur anorganische Verbindungen (rohe Nahrungsstoffe), aber keine organischen Bildungssäfte aufnimmt, dass eben ihre Zellmembran oder ihr Protoplasma vermöge einer besonderen Molecularstructur, organische Nährstoffe ausschliesst und nur die anorganischen bei der Endosmose durchlässt; ist es ja doch bekannt, dass lebende Zellen, wie die der Phanerogamenwurzeln, eine derartige Dialyse ihrer Nährflüssigkeit bewirken, oder dass umgekehrt gewisse organische Lösungen z. B. Anthocyan, durch den Protoplasmakörper im Innern einer lebenden Zelle zurückgehalten werden, während anorganische Verbindungen z. B. Wasser und Salze ohne Schwierigkeit austreten. Es ist jedoch, namentlich mit Hinblick auf die grünen Parasiten aus dem Reich der Phanerogamen, eben so wahrscheinlich, dass die Anwesenheit von Chlorophyll in den Zellen einer Pflanze die Fähigkeit derselben zur Aufnahme gewisser organischer Bildungssäfte nicht ausschliesst, wie ja offenbar auch das grüne Gewebe der gewöhnlichen Laub-Blätter wenigstens einen Theil seiner Bildungsstoffe in assimilirter Form aufgenommen haben muss. Jedenfalls ist das Chlorochytrium insofern der interessanteste aller bekannten Endophyten, als er eben bis jetzt der einzige Chlorophyllhaltige ist. Vielleicht sind die von mir in Cruoria und Polyides beobachteten grünen Endophyten auch entwicklungsgeschichtlich mit Chlorochytrium verwandt; die dicken soliden Cellulosestiele der Schläuche von Cruoria erinnern auffallend an ähnliche Gebilde bei *Codiolum*, *Characium* und *Hydrocytium*, deren Beziehungen zu Synchytrium schon Schroeter klar entwickelt hat (l. c. p. 48).

Wenn hiernach die Chlorochytrien mit grösster Wahrscheinlichkeit als echte primaere Schmarotzer angesehen werden müssen, die gleich den chlorophyllosen Pilzen sich durch eine von dem Scheitel ihrer Keimschläuche ausgehende Thätigkeit den Eingang in die geschlossenen Gewebe ihrer Nährpflanze activ erzwingen, so verhält es sich ganz anders mit den zahlreichen blaugrünen Kugeln, die wir ebenfalls in den Lemnasprossen eingeschlossen gefunden haben. Diese sind allerdings auch Algen, und zwar aus der Klasse der phycochromhaltigen Nostoceen, welche ursprünglich auf der Oberfläche der Lemna nisten, aber mit Vorliebe die leeren Chlorochytrienwohnungen beziehen, indem sie durch die gesprengte Epidermis der Lemna und den geöffneten Hals in das Innere der Endo-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

phytenzellen hineinkriechen; hier in geschütztem Neste vermehren sie sich rasch und füllen schliesslich die leere Kammer mit ihren dicht aneinander gedrängten Fäden vollständig aus (Fig. 5 i. k. l. m.). Es sind Nostoceen aus verschiedenen Gattungen und verschiedener Färbung; am häufigsten findet sich ein prachtvoll blaugrüner Nostoc, dessen mikroskopische Gallertkugeln nicht blos auf der Oberfläche der Lemnaepidermis massenhaft aufsitzen, sondern besonders reichlich zwischen den durch die Flügelsäume des Leibes gebildeten Falten angetroffen werden (vielleicht *Nostoc glomeratum* Kg.). Diese Falten sind oft ganz und gar von Nostockugeln vollgestopft, und es scheint, als ob derartige geschützte Stellen deren Vermehrung ausserordentlich begünstigen. Ueberall findet man in der That den Nostoc in der durch Thuret und De Bary bekannten Vermehrung begriffen; die isolirten etwa 4 Microm. breiten von ovalen oder kugligen Dauerzellen unterbrochenen Rosenkranzfäden, welche früher als eine besondere Gattung *(Anabaena)* angesehen wurden, und bekanntlich kriechender Bewegung fähig sind, wandern aus der Gallert heraus und können leicht durch die offene Epidermisspalte in einen Chlorochytriumschlauch einkriechen; ich habe in der That sehr häufig leere Chlorochytriumkugeln beobachtet, in denen ausser ein Paar zurückgebliebenen und zu Protococcusartigen Zellen ausgekeimten Zoosporen erst ein oder wenige Nostoc- *(Anabaena)* Fäden anzutreffen waren. Indem aber diese Fäden durch beständige Quertheilung ihrer Glieder sich rasch verlängern, finden sie bald nicht anders Raum in der hohlen Kugel, die sie sich zur Wohnung ausgewählt, als indem sie sich den Wänden anschmiegend krümmen oder unter einander verschlingen, und schliesslich sind sie so eng umeinander gewunden, wie ein zusammengerollter Zwirnknäuel, so dass sie bei schwächerer Vergrösserung wie dichte blaugrüne Schläuche erscheinen, deren Gestalt den ursprünglichen Chlorochytrien entspricht (Fig. 5. l.).

Ausser dem Nostoc bewohnt die leeren Chlorochytrienzellen auch eine *Mastigothrix* (vermuthlich *M. aeruginea* Kg.), welche auch parasitisch in Chaetophoren, Batrachospermen und anderen Gallertalgen nistet; sie unterscheidet sich leicht durch ihre kurzgliedrigen cylindrischen an einem Ende abgerundeten, nach dem andern sich peitschenförmig verjüngenden olivengrünen Fäden (Fig. 5 k. ein einzelner Faden); meist lockerer gelagert als die Nostoccolonien, erfüllen die Mastigothrixfäden doch auch mitunter ganz dicht die hohlen Chlorochytriumblasen mit ihrem bräunlichgrünen Gespinnst. Vielleicht sind die von Reinke als Scytonema bezeichneten Phycochromaceen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der Gunnera unserer Mastigothrix verwandt. Auch eine dünne olivengrüne *Leptothrix* habe ich in solchem Vorkommen aufgefunden, bald in vereinzelten braungrünen, zarten aber langen, kurzgliedrigen Fäden, bald nach rascher Verlängerung knäuelartig auf der Innenwand der Chlorochytriumblase aufgewundene Nester bildend (Fig. 5 m.). Es ist auffallend, dass die verdickte Zellwand der letzteren mitunter intensiv gebräunt erscheint, was einer chemischen Einwirkung der eingenisteten Nostoceen, vielleicht der Ausscheidung von Phycocyan aus einzelnen abgestorbenen Fäden zuzuschreiben ist. Die Leptothrix in der Lemna ist wahrscheinlich *Leptothrix parasitica,* welche Kützing 1847 (bot. Zeit. p. 220) in Scytonemaceen und andern Algen schmarotzend beobachtete.

Selbst grüne Algen beziehen die leeren Wohnungen des Chlorochytrium, und ich habe namentlich das sichelförmig gekrümmte *Rhaphidium fasciculare* (Fig. 5 i.) zu vielen Tausenden theils allein, theils in Gesellschaft der Nostoceen im Innern der Lemna angetroffen. Bekanntlich vermehrt sich Raphidium auch massenhaft in gewöhnlichem Brunnenwasser, wenn dieses in ruhiger Aufbewahrung längere Zeit dem Lichte ausgesetzt ist, und bildet grüne Ueberzüge an den Wänden der Wassergläser; auch das Wasser, in welchem die *Lemna trisulca* vegetirte, war reichlich mit Raphidium erfüllt.

So finden wir denn im Innern der Lemna eine grosse Anzahl endophytischer Algen; aber das *Chlorochytrium* allein ist ein primärer Parasit; die Nostoceen dagegen, nebst dem Rhaphidium scheinen, so viel ich beobachtet, niemals selbstständig in das Gewebe der Lemna einzudringen, sondern nur als Aftermiether des Chlorochytrium aufzutreten; sie sind daher nur secundäre Endophyten.

Unsere Untersuchungen weichen daher von den Entdeckungen von Reinke und Janczewski, welche sich ebenfalls auf endophytische Nostoceen beziehen, nur in sofern ab, als diese Forscher die unmittelbare Einwanderung derselben in die Intercellularräume, und selbst in die Parenchymzellen ihrer Wirthe beobachtet haben: von den Versuchen, welche Rees über die Keimung von Collema gemacht, in sofern, als bei jener Gallertflechte umgekehrt ein Nostoc als Nährpflanze eines Ascomyceten auftritt.

Zu der Frage von der Natur der grünen Flechtengonidien treten unsere Beobachtungen nur in sofern in Beziehung, als sie, in Uebereinstimmung mit den von mir schon früher bei Florideen bekannt gemachten, auch auf die Möglichkeit hinweisen, dass chlorophyllhaltige Algen als Endophyten in fremdartigen Pflanzen leben können.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Schliesslich bemerke ich, dass in der *Lemna trisulca* noch andere Chlorosporeen nisten, welche theils im Innern der Parenchym- und der Epidermiszellen, theils in den Intercellulargängen leben, in letzteren confervenartige grüne Röhren bilden, die sich in kleinere, ein- oder mehrreihige Segmente zertheilen, und in dem anastomosirenden Intercellularnetz maschenartige Verbindungen nach Art eines Hydrodictyon bilden; doch habe ich die Entwicklungsgeschichte dieser Endophyten noch nicht vollständig feststellen können.

Breslau 9. Juni 1872.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Figuren-Erklärung.

Tafel II.

Chlorochytrium Lemnae.

Fig. 1. Zoosporen, von der Seite und von oben gesehen; die Anheftung der Wimpern wurde nicht beobachtet.

Fig. 2. Gekeimte Zoosporen; der unten abgerundete (a) oder spitze (b) Keimschlauch dringt zwischen die Blätter zweier Zellscheidewände in die Epidermis (a), von da in die nächst tiefere Parenchymschicht (b) und selbst in einen Intercellularraum der darunter liegenden Parenchymzellen (c).

Fig. 3. Ein ausgewachsenes Chlorochytrium, dessen Sporenknopf auf der Epidermis zurückbleibt, während der Bauch der Zelle unter Verdrängung des Nachbarparenchym in einen grossen Intercellularraum hineinragt (i).

Fig. 4. Epidermis von *Lemna trisulca*, von oben betrachtet; auf den Grenzen zweier Oberhautzellen sitzen die gekeimten Zoosporen des Chlorochytrium, als farblose Knöpfe; einzelne haben Keimschläuche durch die auseinander weichenden Blätter der Zellscheidewände in das untenliegende Parenchym getrieben, und beginnen sich bereits zu Kugeln auszudehnen.

Fig. 5. Schnitt aus *Lemna trisulca*, parallel der Epidermis, von der zwischen g e k noch ein Stück über den Parenchymzellen gezeichnet ist; die eingedrungenen Chlorochytriumschläuche, deren Sporenknöpfe bei a, b u. e noch auf der Oberhaut sichtbar sind, schwellen zu kuglichen (k l), ovalen (f), zusammengebogenen (e h), gelappten (i) oder

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

unregelmässigen (b c m) Zellen auf, deren sich fortdauernd vermehrendes grünes Protoplasma (vgl. a b c) sich durch freie Zellbildung (d) in grössere Segmente (e), diese dann allmählich in viele kleine Portionen (f g) zertheilt, welche zu Zoosporen sich gestalten (h etwas stärker vergrössert) und durch halsartige Fortsätze (g h) nach aussen entleert werden, während in die leere Mutterzelle (k i) durch die auseinander gerissene Epidermis (k) *Rhaphidium fasciculare* (i), *Mastigothrix aeruginea* (k), *Leptothrix parasitica* (m), und *Nostoc glomeratum* (l) einwandern, und den Bauch derselben mehr oder weniger dicht mit ihren zu Knäueln verfilzten Fäden ausfüllen. In einzelnen Chlorochytriumzellen zurückbleibende und keimende Zoosporen werden zu kugligen dickhäutigen Dauerzellen (k).

Vergrösserung 300; bei Fig. 1, 2, 3 u. 5 h 600.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Chlorochytrium Lemnae Cohn.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Beiträge zur Biologie der Pflanzen

Jahr/Year: 1872

Band/Volume: 1_2

Autor(en)/Author(s): Cohn Ferdinand Julius

Artikel/Article: Ueber parasitische Algen 87-108