

1.

Zum Polymorphismus der Cyanophyceen.

Von **H. Royers**, Elberfeld.

Mit 3 Tafeln.

1885 veröffentlichte A. Hansgirg im „Botanischen Centralblatt“ eine längere Abhandlung über den Polymorphismus der Algen, in welcher er hauptsächlich seine Beobachtungen an Süßwasser-Cyanophyceen niederlegte, während er gleichzeitig ankündigte, später in einer umfangreicheren Arbeit die Ergebnisse ähnlicher Untersuchungen des übrigen Algengebietes mitteilen zu wollen. Ob dieser Plan zur Ausführung gekommen ist, habe ich nicht erfahren können. Auch ist mir nach dieser Zeit keine Arbeit über den Polymorphismus der Algen in die Hände gekommen.

Trotzdem A. Hansgirg für diese Untersuchungen sehr begeistert war und alle Algologen aufforderte, der Entwicklungsgeschichte der Algen in bezug auf ihren Polymorphismus besondere Aufmerksamkeit zu widmen, damit das Dunkel, welches noch in dieser mikroskopischen Pflanzenwelt herrscht, aufgehellt werde, schreibt er selber am Schlusse seiner Arbeit: „Obschon ich mit allen mir zu Gebote stehenden Mitteln und Kräften darnach gestrebt habe, die Lehre von dem Polymorphismus der Algen durch neue Beweise, die ich hier bloß bruchweise publiziert habe, zu stützen, und trotzdem ich gleich anfangs diese Lehre als eine der schönsten Errungenschaften der neueren algologischen Forschung bezeichnet habe, gestehe ich doch gern ein, daß sie erst in ihren Anfangsstadien sich befindet und wegen der zahlreichen Schwierigkeiten, welche sich dem Forscher bei entwicklungsgeschichtlichen Studien entgegenstellen, zu ihrer weiteren Entwicklung eine längere Zeit brauchen wird.“

A. Hansgirg scheint, nach den Fußnoten zu urteilen, besonders durch die Arbeiten von Itzigsohn und dessen Mahnungen an alle Algologen angeregt zu sein, die Frage nach dem Polymorphismus der Algen zu seinen Studien zu machen. Mein Interesse für diese Seite der Entwicklungsgeschichte gewisser Algen wurde vor einigen Jahren erst ein bestimmteres, als die „Beiträge zur Physiologie und Systematik der Algen“ von Dr. F. J. F. Meyen, M. d. A. d. N. (Nova Acta Phys. Med. Acad. Caes. Leop. Car. Nat. Cur. T. XIV P. II) in meinen Besitz kamen.

In dieser Abhandlung gibt der Verfasser pag. 469—478 die kurze Lebensgeschichte einer neuen Alge, welche er im Laacher See fand und nach seinem ehemaligen Lehrer List in Tilsit *Listia crustacea* nannte. Nachfolgende Zeilen sollen dazu dienen, festzustellen, ob ein von Meyen angegebener Polymorphismus bei dieser Alge besteht, oder ob ein Irrtum in der Beobachtung der Lebensgeschichte derselben vorliegt. — Bevor ich jedoch zu meiner eigentlichen Arbeit übergehe, möge mir gestattet sein, kurz anzugeben, in welcher Weise die Ansichten über die Vielgestaltigkeit der niederen Pflanzenwelt im 19. Jahrhundert überhaupt hin- und her schwankten. Anfangs wurde nur von einer Metamorphose gesprochen, wofür Itzigsohn 1855 das Wort Diamorphose gebrauchte, während A. Hansgirg denselben Vorgang als Polymorphismus bezeichnete. Ich habe nicht die Absicht, hier die ganze Literatur vorzuführen, welche in kürzerer oder ausführlicherer Weise die Lebensgeschichte verschiedener Algen bespricht, wie A. Hansgirg in seinem „Polymorphismus der Algen“ es tut, sondern möchte nur Beobachtungen von bekannten Gelehrten auf diesem Gebiete vorausschicken, um zu zeigen, wie es immer einer späteren Zeit vorbehalten war, durch gutes Beobachten hervorragender Gelehrter erlangtes Wissen in andere Bahnen zu leiten.

Vor mir liegt die „Dissertatio de metamorphosi algarum, quam venia amplissimi ordinis phil. Lundens. praeside C. A. Agardh pro gradu philosophico p. p. Joach. Åkerman, scanus. Lundae 1820.“ Ich gebe hier den ganzen Titel, weil A. Hansgirg in seiner Abhandlung oft von einer Dissertation Agardh's

über die Metamorphose der Algen aus dem Jahre 1820 spricht, womit obige Schrift nur gemeint sein kann. In derselben führt der Verfasser neun Fälle vor, in denen er glaubt, eine vollständige Metamorphose beobachtet zu haben, teils aus dem Pflanzenreiche hinüber ins Tierreich und umgekehrt, teils einen Übergang aus einer Pflanzenklasse in eine andere. So seltsam ersteres auch klingen mag, ist die Sache schon verständlicher, wenn man bedenkt, daß damals die Entstehung der niederen Pflanzenwelt noch völlig ins Dunkle gehüllt war. Erst durch die epochemachenden „Recherches sur les Zoospores des Algues et les Anthéridies des Cryptogames par Thuret, Paris 1851,“ wurden dem Studium der niederen Lebewesen neue Wege gewiesen. Während man früher alle durch Flagella sich bewegend, einzellige Wesen zu den Flagellaten zählte und ins Tierreich wies, wußte man später, daß eine große Zahl dieser manchen Chlamydomonas-Arten äußerlich nicht fernstehenden Wesen nur Schwärmsporen höherer Algen sind, aus denen, nachdem sie ein gewisses Ruhestadium durchgemacht haben, eine neue mehrzellige Alge emporwächst. Ich weiß nicht, ob man diesen Vorgang als eine wirkliche Metamorphose ansehen darf. Würde eine solche Schwärmspore mehrere Generationen hindurch sich selbständig vermehren und erst in einer späteren Zeit zur höheren Stufe einer mehrzelligen Alge sich entwickeln, ließe sich darüber reden. Doch wollen wir keine weitere Kritik üben, sondern hören, wie einzelne Beobachtungen nach der sogenannten Agardh'schen Metamorphose verliefen.

Im Frühlinge fand der Verfasser der Dissertation das Wasser um Lund mit *Enchelis* (*Chlamydomonas*) *pulvisculus* Müller bedeckt. Hiervon wurde eine bestimmte Menge in einem Glasbehälter kultiviert. Die länglich-elliptischen Schwärmer verwandelten sich in runde Ruhesporen mit deutlicher Membran. Weil *Oscillatoria limosa* sich nachher im Gefäße zeigte, glaubte der Verfasser den Beweis geliefert zu haben, daß sich letztere aus *Enchelis pulvisculus* Müller entwickle. Da nun aber eine *Oscillatoria* einen ganz anderen Bau der Chromatophoren besitzt als alle *Enchelis*-Arten, welche wegen ihres Zellinhaltes zu den Chlorophyceen ge-

zählt werden, während man die Oscillatorien zu den Cyanophyceen rechnet, ist es völlig ausgeschlossen, daß irgend ein genetischer Zusammenhang zwischen beiden besteht. Dieser eine Fall lehrt aber wie tausend andere, daß es sehr schwer hält, einzellige Lebewesen isoliert ohne Keime von unerwünschten anderen Spezies zu kultivieren. Durch solche Beimengungen werden dann Trugschlüsse desto leichter zustande kommen, je weniger die Natur der beiden in Betracht kommenden Arten bekannt ist. Alle Beobachtungen der sogenannten Agardhschen Dissertation einzeln durchzugehen, darf ich mir wohl schenken. Da aber der Leser durch den Nachweis, daß die erste Beobachtung nur eine Selbsttäuschung war und keinen Beweis für eine Metamorphose lieferte, nicht befriedigt sein könnte, füge ich eine von der ersten angeblichen Entwicklung abweichende Umwandlung an, welche in der freien Natur vorkommen soll. Verfasser der Dissertation hat im Sommer in einem Fließchen an Steinchen angeheftet *Draparnaldia plumosa* gefunden. Im April des darauf folgenden Jahres entdeckte er an denselben Steinchen *Conferva* (*Ulothrix*) *zonata*, welche den Stämmchen von *Draparnaldia* ja etwas ähnlich sieht. *Draparnaldia* war im April an denselben Steinchen nicht zu finden, trat aber im folgenden Monat Mai wieder hervor. Aus diesen Umständen kommt dann der Verfasser zu dem Schlusse, daß die verzweigte *Draparnaldia* aus der *Conferva* (*Ulothrix*) hervorgegangen sein müsse. Jeder, der den Bau der Zellen von *Conferva* (*Ulothrix*) *zonata* in den verschiedenen Entwicklungsstadien verfolgt hat, wird nie in Versuchung kommen, solche Fäden mit den Stämmchen zukünftiger *Draparnaldien* zu identifizieren.

Das Auftreten verschiedener Spezies nacheinander an denselben Steinchen hat andere Gründe. Auch ich habe im Marscheider Tale alle Jahre *Ulothrix zonata* sechs bis acht Wochen früher an bestimmten Stellen angetroffen als *Draparnaldia*. Sporen, die nebeneinander ruhen, brauchen nicht gleichzeitig zu keimen. *Ulothrix zonata* kommt in eiskaltem Wasser an sonnigen Tagen besser voran als *Draparnaldia*.

Während *Ulothrix* bei Lennep im Dezember und Januar lebhaft vegetierte, waren *Draparnaldia*-Räschen von ge-

drungener Form und in dicke Gallerte gehüllt. Eine ebenso gedrückte Gestalt zeigten die stark mit Baustoffen vollgestopften Zellen. Hinter Neuß findet man *Draparnaldia* schon Ende März in höchster Vegetation, dagegen in den kalten Gewässern des Bergischen erst Anfang Mai am üppigsten. Bei steigender Temperatur schicken beide ihre Schwärmer aus, welche nach Verlust der Geißeln sich zu Ruhesporen abrunden. Da man von *Ulothrix zonata* schon ganze Fäden mit leeren Zellen findet, wenn sich *Draparnaldia* noch in aufsteigender Entwicklung zeigt, sieht man, daß an gleichen Standorten *Ulothrix* der *Draparnaldia* auch hierin etwas voraus ist. Im Hochsommer verschwinden beide in derselben Reihenfolge fast ganz. Ebenso ist der Hinweis, daß die Rivularien eine Vereinigung von *Oscillaria*-Fäden sein sollen, hinfällig. Ähnliche irrtümliche Anschauungen über die Stellung der Rivularien findet man bei anderen Botanikern.

In demselben Jahre, als obige Dissertation erschien, las in dem wissenschaftlichen Vereine zu Greifswald Prof. Dr. Hornschuch, M. d. A. d. N., „Einige Beobachtungen und Bemerkungen über die Entstehung und Metamorphose der niederen vegetabilischen Organismen“ vor. Da diese Arbeit schon am 6. Januar vorgetragen wurde, und auch die schwedische Arbeit dieselbe nicht erwähnt, ist wohl anzunehmen, daß beide völlig unabhängig dastehen. Was Hornschuch alles über die Entwicklung der Moose und Flechten in dieser Abhandlung niedergelegt hat, übergehe ich. Nach seiner Ansicht leiten die *Conferva*-Fäden zur ersten Stammbildung höherer Pflanzen über, während die Rivularien, Linckien und Ulven den ersten Blattbildungen entsprechen sollen. Die Rivularien nehmen nach ihm die tiefste Stelle unter den *Nostocaceen* ein. Da er annimmt, daß die erste Bedingung für eine höhere Evolvierung Luft und Licht sind, glaubt er, daß Rivularien, welche aus dem Wasser heraustreten und die Luft mehr auf sich wirken lassen, sich zu den Gattungen *Linckia* Roth, *Nostoc* Vauch. und *Tremella* L. erheben. Die interessanteste Beobachtung ist aber, daß Hornschuch schon richtig die Beziehungen der Algen zu den Flechten erkannte, dasselbe, was später 1860 Schwendener

und 1873 Bornet durch ausführliche Abhandlungen bewiesen. Er stellte freilich die einfache Behauptung auf, da er den Ursprung der Gonidien ganz richtig erkannte, Collema und alle Blätterflechten überhaupt seien höher ausgebildete, durch Licht und Luft evolvierte Nostoc-, Linckia- oder Tremella-Arten.

Was Prof. Dr. F. J. F. Meyen, M. d. A. d. N., über die an einer Cyanophyceae des Laacher Sees beobachtete Metamorphose in seinen „Beiträgen zur Physiologie und Systematik der Algen“ veröffentlichte, übergehe ich vorläufig, da ich die Mitteilungen darüber im Anschluß an meine eignen vierjährigen Beobachtungen dieser Alge verwerten möchte. Am 23. Nov. 1853 übergab der Algolog Dr. Herm. Itzigsohn, M. d. A. d. N., der Akademie seine „Skizzen zu einer Lebensgeschichte des Hapalosiphon Braunii,“ eine Schrift, welche einen fleißigen Forscher verrät. Schade ist, daß er manche Mittel zur näheren Kontrolle, z. B. das Messen der einzelnen besprochenen Stücke, nicht anwendet. Auch wäre es von Vorteil gewesen, wenn er das Material immer selbst von der Fundstelle hätte holen können; manches würde ihm da wahrscheinlich noch aufgestoßen sein, wodurch einzelne Abschnitte seiner Arbeit vielleicht eine andere Ausführung erhalten hätten. Itzigsohn schreibt ohne Zitate, da nach seinen Angaben ihm zu wenig literarisches Material zu Gebote stand. Für Metamorphose hat er das Wort Diamorphose gewählt. Sein Hapalosiphon Braunii zeigt nach beiden Seiten Astbildungen, während Wolle in den „Freshwater Algae of the Unit. States, tab. 195,“ nur einseitwendige Astbildung kennt; auch Heterokysten gibt Wolle, welche Itzigsohn fehlen. In noch einigen anderen Punkten weicht Wolle's Zeichnung von Itzigsohn's ab. Bornet & Flahault haben in ihrer „Révision des Nostocacées hétérocystées“ Itzigsohns Zeichnung von Hapalosiphon Braunii und Tolypothrix pumilus Ktz. tab. phycol. Bd. II, Tafel 31, identisch erklärt und unter dem Namen Hapalosiphon pumilus Kirchner vereinigt. Itzigsohn, welcher die Oscillarien für männliche Pflanzen hält, nimmt einen genetischen Zusammenhang mit Hapalosiphon Braunii für vorliegend an. Die Zellen seiner fädigen Pflanze gliedert

er in drei Gruppen. In der Mitte des Fadens fand er eingeschnürte Zellen; daran schlossen sich viereckige, und die Zellen der Spitzen zeigten eine feine formlose Masse, welche von den übrigen Zellen scharf abgegrenzt war. Für letztere wählte er den Ausdruck protoplasmatische Zellen. Da er auch ähnliche Erscheinungen an Sirostiphon und Tolypothrix wahrgenommen hat, ist wohl klar, daß dieser letzte Abschnitt Hormogonien oder Vermehrungszellen waren und dies um so mehr, weil er auch den Vorgang des Ausschlüpfens genau beobachtete. Auch hat er gesehen, daß die Hormogonien wieder eine Zellenscheide absonderten. Daß diese Stücke wieder zu einer normalen Pflanze heranwuchsen, scheint er nicht verfolgt zu haben, und so entstanden dann allerlei Kombinationen. So glaubt Itzigsohn, die mittleren abge-schnürten Zellen seien Sporenzellen und die den Oscillarien etwas ähnlichen Hormogonien männliche Teilstücke. An diese Beobachtungen schließen sich Mitteilungen über Material, welches Itzigsohn mitten im Winter aus der größten Tiefe mit einem Rechen hervorholen ließ. Auf den ersten Blick erkennt man, daß er ein richtiges Bruchstück einer Art Sirostiphon mit in der Entwicklung begriffenen, kränkenden Hormogonien vor sich hatte. Freilich vermutete er an seiner Fundstelle keine andere Spezies und hält deshalb alle Teile für gequollene Stücke von Hapalostiphon Braunii. Später sieht er auch, daß sich diese Bruchstücke seines angeblich gequollenen Hapalostiphon in Chroococcus-Zellen auflösen, welchen Vorgang er auch früher an Sirostiphon beobachtet haben will, bedauert aber, kein Vergleichungsmaterial von Sirostiphon zu besitzen. Die Sirostiphon-Art wurde im Sommer nicht gefunden, da der Bote, welcher das Material im Winter herbeischaffen mußte, abweichend von früherer Weise den besonderen Auftrag hatte, mit dem Rechen aus der größten Tiefe Material herbeizuschaffen. Kützing gibt in seinen „Spezies Algarum“ auf Seite 894 unter Addenda et Corrigenda folgende Diagnose: *Hapalostiphon*. Naegeli. *Trichomata caespitosa articulata ramosa, rami basi geniculatim affixi. Vaginae tenuissime membranaceae. (Habitus Tolypothricis.) H. Braunii* Naegeli. *H. caespite parvulo viridi vel fusciscente, tricho-*

matibus internis distincte articulatis, granulatis; vaginis hyalinis primariis $\frac{1}{200}$ "", secundariis $\frac{1}{320}$ "" crassis, ramis divaricatis. In turfosis: A. Braun. Kirchner, welcher die Gattung Hapalosiphon noch erweiterte, stellt folgende allgemeine Diagnose auf: „Zellen des Fadens in einer einfachen Reihe angeordnet, Scheiden dick oder zart, Grenzzellen vorhanden. Pflänzchen vom Habitus von Tolypothrix“. Aus vorstehenden Angaben erkennt jeder, daß für Hapalosiphon der Charakter von Tolypothrix mit einfacher Zellenreihe innerhalb der Scheide feststeht. Wenn nun Itzigsohn von seinem Boten eine Pflanze mit bedeutend erweiterter Scheide und unregelmäßig zu vier Reihen angeordneten chroococcusartigen Zellen überbracht wurde, durfte er nicht an Hapalosiphon festhalten oder mußte den Nachweis bringen, wie dieser Übergang zur Siro-siphon-Form entstand. Dieses hat Itzigsohn nicht getan. Itzigsohn meint bei Betrachtung seines angeblich sehr gequollenen Hapalosiphon-Bruchstückes (in Wirklichkeit Bruchstückes einer Siro-siphon-Art), es müsse ein großer Zeitraum dazwischen liegen, in dem sich der einfache Hapalosiphon-Faden in diesem Maße umgestalten konnte. Zu glauben ist, daß sich später aus dem Siro-siphon-Faden Chroococcus-Zellen lösten und allein weiter vegetierten, was man auch in anderen Fällen beobachten kann. Dieser Vorgang im Lebensgange verschiedener Algen legt die Frage nahe: Welchen Wert haben alle Chroococcaceen, Protococcus- und Palmella-Spezies? Sind alle Gattungen haltbar? Sind es Verfallstücke, aus denen sich wieder die höhere Pflanze, der sie ihren Ursprung verdanken, entwickeln wird, oder bleiben es Verfallstücke, welche durch Ausscheiden von Gallerthüllen sich längere Zeit dem völligen Untergange entziehen können? Der wahre Charakter aller angeführten Arten ist noch zu wenig bekannt. Bestritten kann nicht werden, daß sie sich nicht nur in kleinere Stücke, wenn nötig mit neuen Gallerthüllen, teilen, sondern auch wachsen. Günstig beeinflußt werden sie hierzu oft durch die symbiotische Lebensweise mit Pilzhyphen in den unvollständigen Flechten. Ja, in einem günstigen Augenblicke habe ich selbst einmal für kurze Zeit Gloeocapsa-Stücke als Schwärmer sich bewegen

sehen. Doch möchte ich hierüber an dieser Stelle weiter nichts mitteilen, sondern behalte mir vor, in einer späteren Arbeit über die Chroococcaceen ausführlicher das Leben dieser sehr variablen Gattungen zu beschreiben. Daß viele gute Arten darunter sind, welche man nie bloß als Verfallstücke höherer Pflanzen ansprechen kann, nehme ich an; andererseits darf eine ganze Reihe gestrichen werden, deren Herkunft sich ohne große Mühe nachweisen läßt. Sind solche einzellige Algen nur Verfallteile, die sich nie wieder zu der Pflanze entwickeln können, von welcher ihr Ursprung ausging, können diese Stücke nicht bestehen bleiben, sondern werden sich solange ändern, bis niemand mehr daran denkt, ihnen eine Existenzberechtigung einzuräumen. Ebenso muß ein sogenanntes Verfallstück, aus welchem sich wieder die höhere Pflanze entwickeln kann, welcher dasselbe seine Herkunft verdankt, als Spezies gestrichen werden, da es dann in den Entwicklungskreis der höheren Pflanze gehört. Bei weiteren Beobachtungen will Itzigsohn gesehen haben, daß sich die Zellhaut der aus dem Faden gelösten Chroococcus-Zellen erweiterte und der Inhalt derselben sich zu Nostoc-Schnüren umwandelte, deren Teile später die Form des alten Hapalosiphon-Stammes annahmen. Daß diese aus zerfallenen Fäden entstandenen Chroococcaceen nach den beigegebenen Zeichnungen nicht den Charakter selbständiger Spezies andeuten, sieht man auf den ersten Blick. Eine Erweiterung des Zellsackes solcher Chroococcaceen und einen weiteren Verfall des Inhaltes in kleinere Partikelchen, wie „Cooke, British freshwater algae, pl. 86“, eine *Microcystis marginata* Rabh. darstellt, kann man oft beobachten. Gern will ich auch glauben, daß sich der Inhalt des Chroococcus zu einem Nostoc-Sack ausbildete, und nachdem dieser sich auflöste, die einzelnen Bruchstücke sich ausbreiteten; aber ein Wieder-aufsteigen zum Hapalosiphon resp. Siro-siphon durch einfaches Aneinanderlegen der Nostoc-Kügelchen zu einem Faden der höheren Form halte ich für ausgeschlossen trotz der beigegebenen schönen Zeichnungen. Itzigsohn hat eine Reihe günstiger Zustände verknüpft und daraus seine Schlüsse gezogen. Um zu erklären, wie seine fortgeschrittenen Fäden

die oft länglichen, viereckigen Zellen erhalten haben, glaubt er, daß sich die anfänglichen Nostoc-Kugeln dichter aneinander legen und sich teilweise resorbieren.

Ich bin der Ansicht: „Nostoc bleibt Nostoc, oder zerfällt“. Wie ausdauernd Nostoc-Keime sind, hat wohl am besten der Versuch gezeigt, welchen ein Gelehrter in der bekannten „Via mala“ machte. Um festzustellen, was alles der entsetzliche Staub, welcher an stürmischen, heißen Sommertagen diesen Weg so unerträglich macht, enthalten möge, hatte sich der Herr dort mit einem passenden Spiegel niedergelassen und fand nun in der schwebenden Masse eine große Zahl Nostoc-Kugeln, welche später im Zimmer durch Teilung zu Schnüren heranwuchsen. Obgleich Itzigsohn von seinem Nostoc keine Heterokysten zeichnet, soll doch angenommen werden, daß eine Vermehrung durch echte Kysten erfolgte, da nicht erwiesen, daß die Bildung von echten Kysten das Vorhandensein von Heterokysten bedingt.

Es bleibt noch übrig, zu erfahren, was uns Itzigsohn über das Schicksal seiner sogenannten männlichen Fäden berichtet. Was aus den ausgeschlüpften Hormogonien geworden ist, sagt Itzigsohn nicht. Er geht gleich dazu über, von einer männlichen Diamorphose zu reden. Einzelne Fäden sollen sich nach seinen Beobachtungen vom Jugendzustande anders, also nach seiner Auffassung als männliche entwickeln. Die Zellen des Hauptfadens sollen eine längliche Form haben, meist ohne Gelinhaut sein und eine braune Farbe erhalten, wofür er gut kolorierte Zeichnungen bietet. Auffällig ist nur, daß Itzigsohn ganz übersieht, wenigstens es ganz übergeht, daß seine männlichen Fäden in allen vier Zeichnungen nur einseitige Astbildungen zeigen. Vergleicht man diese Fäden mit seinem normalen Hapalosiphon, so könnte man, wenn man berücksichtigt, daß er Maßverhältnisse ganz außer acht läßt, eher zu dem Schlusse kommen, daß es sich um zwei ganz verschiedene Spezies handelt. Jedenfalls ist seine Ansicht, daß aus diesen Cyanophyceen-Zellen ähnliche Schwärmer hervorgehen sollen, wie man solche täglich an Ästen und Fäden der Chlorophyceen beobachtet, eine sehr gewagte Vermutung. Was Itzigsohn gesehen, werden ausgeschlüpfte

Euglenen gewesen sein, welche ähnliche Kysten bilden, wie Itzigsohn sie zeichnet. Diese Annahme ist um so berechtigter, weil Itzigsohn das Ausschlüpfen solcher Schwärmer aus seinen sogenannten männlichen Fäden nie gesehen hat, sondern allein aus dem Umstande, daß er neben seinem bräunlich gefärbten Hauptfaden den Zellen desselben ähnliche bräunliche, lose Zellen oder Kysten fand, aus welchen seine euglenenartigen Schwärmer hervorgingen. Hinzukommt, daß nicht beobachtet wurde, wie sich obige Schwärmer weiter entwickelten. Nach diesen Darstellungen versucht Itzigsohn an einer Spezies, welche ihm von Al. Braun zugeschickt wurde, zu beweisen, daß sich alles Beschriebene bei dieser wiederhole. Al. Braun nannte diese Art, welche er bei Moabit in einem Torfloche an *Hypnum scorpioides* und *stellatum* fand, *Sirosiphon intermedius*. Da *Hapalosiphon Braunii* Näg. von Al. Braun bei Freiburg i. B. zuerst entdeckt wurde und derselbe sie auch später bei Berlin nach seiner Versetzung hierhin an *Nymphaea* und *Nuphar* fand, wußte er die *Sirosiphon*-Art wohl am besten von *Hapalosiphon Braunii* zu unterscheiden. Itzigsohn änderte die Bezeichnung in *Hapalosiphon Braunii* var. *intermedia* um, obgleich er ganz bedeutende Abweichungen von seinem *Hapalosiphon*-Faden zugibt. Trotzdem er keine Art gemessen hat, glaubt er, daß die ihm als *Sirosiphon* übersandte Art wohl doppelt so dick gewesen sei als seine *Hapalosiphon*-Spezies. Auch ist ihm aufgefallen, daß diese neue Spezies meist nur einseitige Äste besessen habe. Die Bruchstücke, welche nach seinen Angaben *Enkystosen* von *Hapalosiphon Braunii* var. *intermedia* darstellen sollen, sind Teile von *Stigonema* informe Kütz. Die gezeichneten, dünnen, kurzen Fadenabschnitte mögen Jugendzustände seines *Hapalosiphon Braunii* var. *intermedia* sein. Aus einer *Nostoc*-Kolonie sind sie aber nicht entstanden. Es befremdet nur, daß die Jugendzustände nach Itzigsohns Zeichnung *Heterokysten* haben, welche ausgewachsenen Fäden fehlen sollen. Abgesehen davon, daß in Itzigsohns Arbeit manches vor der Kritik nicht standhalten kann, verdient sein Nachweis über die Vielgestaltigkeit der Cyanophyceen die höchste Anerkennung.

Es ist eine mühevollere Arbeit, die einzelnen Phasen im Lebensgange der Cyanophyceen zu verfolgen, da längere Reinkulturen selten gut gelingen. An geeigneten Stellen kommen immer besser entwickelte Arten vor als an ungünstigen Plätzen, bald einfacher gestaltete, bald mehr verzweigte; aber der Grundhabitus bleibt. Erst nach längerem Vergleichen des unter den verschiedensten Bedingungen gewachsenen Materials ist man imstande, den Grundcharakter einer Spezies festlegen zu können. Dieses ist bisher sehr wenig geschehen.

Gute Aufklärungen über den Entwicklungsgang der Cyanophyceen stellte in den 80er Jahren Borzi zusammen.

Kützing's preisgekrönte Arbeit über die „Umwandlung niederer Algenformen in höhere, (Haarlem 1841)“, ließ ich ganz unberücksichtigt. Dasselbe kann nicht ganz mit A. Hansgirg's Arbeit aus dem Jahre 1885 geschehen, obgleich mich das Gebotene wenig befriedigt hat. Die Abhandlung ist mit großer Begeisterung für die Sache geschrieben. Seine sieben Thesen über den genetischen Zusammenhang größerer Algengruppen sind nicht übel; aber die Beweisführung suche ich an manchen Stellen vergebens. So möchte ihm der Nachweis wohl schwer gelingen, daß unter günstigen Umständen sich *Ulothrix*, *Conferva* usw. in astbildende Arten von *Stigeoclonium* und *Draparnaldia* umwandeln. Ausführlich verbreitet sich A. Hansgirg über sehr dünne *Lyngbya*-, *Leptothrix*- und *Oscillaria*-Arten, um den Nachweis zu führen, wie eine Spezies in die andere übergeht. Ich weiß nicht, ob die Sammelstelle eines Warmhauses und eine freie Wand im Wind und Wetter in Parallele gestellt werden dürfen, um den Entwicklungsgang einer bestimmten Spezies von so geringem Durchmesser zu verfolgen. Es zweifelt wohl niemand daran, daß viele *Oscillarien* unter einer Reihe von Namen ganz dieselbe Art sind. So hat Gomont eine große Zahl Namen mit Recht ganz gestrichen. Ausführlich verbreitet sich A. Hansgirg über *Lyngbya calcicola* Hansg. (Syn. *Leptothrix calcicola* Kütz.) Gomont hat diese Spezies, welche A. Hansgirg in Wittrock & Nordstedt's *Exsiccata* unter Nr. 772 und Nr. 774 im Jahre 1886 veröffentlichte, in *Schizothrix calcicola* Gom.

geändert, während er dieselbe Spezies unter 773 a als *Proto-coccus*, unter 773 b als *Symploca parietina* Gom. und unter 773 c als *Algae variae permixtae* bezeichnet, woraus man sieht, wie verschieden die Artbezeichnungen sind. Noch andere *Oscillarien* werden mehr oder weniger ausführlich besprochen. Am meisten wird jedenfalls überraschen, daß A. Hansgirg im Nachtrage zu seiner Abhandlung über den Polymorphismus der Algen zu dem Schlusse kommt, daß aus *Euglena viridis* *Oscillaria* werden soll.

Da A. Hansgirg weniger auf die *Nostocacées* filamenteuses *hétérocystées* eingeht, wenden wir uns nun der Alge zu, an welcher Meyen einen vollständigen Übergang aus einer Gattung in eine andere beobachtet haben will. Die Beobachtungen des berühmten Gelehrten veranlaßten mich, in den letzten vier Jahren zu verschiedenen Jahreszeiten sehr oft an geeigneten Stellen des Laacher Sees Material zu sammeln und zu untersuchen.

Es ist nicht immer leicht, nach alten Angaben eine Alge wieder aufzufinden, besonders auch in diesem Falle. Meyen gibt darüber an: „An den Ufern des Laacher Sees findet man zuweilen die alten Traßfelsen, die von den Wellen bespült werden, mit einer grünlichbraunen Kruste bedeckt, die einige Linien dick und leicht abzunehmen ist.“ Seit 1827 hat sich aber manches verändert. Abgesehen davon, daß durch einen höheren oder niederen Waldbestand am Ufer die Vegetation sich anders gestalten konnte, trat die größte Störung im Jahre 1845 ein, als durch Herstellung eines Abzugstollens der Wasserspiegel plötzlich 6,50 m tiefer gelegt wurde. Doch haben auch die Algen diese Wanderung in die Tiefe nicht verschmäht, und es ist wohl anzunehmen, daß zu Meyen's Zeit dieselben nicht reichlicher gediehen, wie sie am Ende des Jahrhunderts gefunden wurden. Da das Wasserbecken einen Umfang von zwei Wegstunden mißt, war es mir bei meinen ersten Besuchen nicht möglich, gleich die besten Vegetationsstellen ausfindig zu machen. Weil ich die rechten Traßfelsen nicht erkannte, untersuchte ich die im Wasser liegenden Steine und fand bald die *Rivularien*-Form, welche Meyen als *Listia crustacea* beschrieb und auf

Tafel XXX in Nov. Act. Phys. Med. Acad. Caes. Leop. Car. Nat. T. XIV P. II bildlich darstellte. Ich habe den Vegetationshabitus, welcher demjenigen entspricht, den Meyen unter Fig. 1 vorführt, auf den meiner Arbeit beigegebenen Tafeln als Fig. 10 gezeichnet nach auf untergetauchten Steinen in Gallertmasse eingebetteten Exemplaren. Diese Gallertmasse wurde zum größten Teile, wenn nicht ausschließlich, von einer Unmenge gestielter Diatomeen ausgeschieden. Im nächsten Jahre glückte es mir, solche Stellen ausfindig zu machen, an denen sich der Thallus in der von Meyen angegebenen Art als grünlichbraune Kruste präsentierte. Meyen hält die Scheinäste für Früchte und glaubt, der grüne Zellfaden innerhalb der Gallertscheiden löse sich in Sporenmasse auf, welche durch das aufgerissene, spitze Ende entweiche. Über das weitere Schicksal der Sporenmasse gibt er nichts an. Meyen kultivierte die Pflanze in seiner Wohnung und fand, daß der anfangs an der Oberfläche schleimige Thallus bei fortgesetzter Pflege in Verfall geriet, die Fäden an der Spitze sich auflösten und zwischen denselben eine Unmenge Infusorien sichtbar wurden. Weiter lösten sich die Scheinäste vom Hauptstamme, und das ganze Lager wurde immer dünner. Nun will Meyen die Beobachtung gemacht haben, daß an einigen Stellen die Früchte sich in ganz anderer Weise, nämlich zu einer Scytonema-Form, ausgebildet hätten, wie er sie in Fig. 2 auf seiner Tafel XXX darstellt und ich sie Fig. 23 und 42 gezeichnet habe. Aus Meyens Zeichnung ist nämlich nicht genau zu erkennen, ob er die stärkere oder schwächere Form meint; beide sind nämlich gleich häufig. Die Grenzzellen innerhalb eines Fadens scheinen Meyen nicht bekannt gewesen zu sein. Solche muß er nach seiner Zeichnung und Beschreibung gesehen haben, wenn er behauptet, daß zwischen den grünen Kügelchen innerhalb des Fadens längliche Körper von zylindrischer Gestalt eingeschaltet seien, welche als ausgebildete Sporen angesehen werden müßten, aus denen nach Sprengung des anliegenden Schlauches ein neuer Ast sich bildet. Soweit Meyen.

Ich werde nun versuchen, zu beweisen, daß es auch

bei dieser Alge einen Polymorphismus gibt, aber niemals eine Rivularien-Form des Laacher Sees sich in einen Scytonema-Faden umgewandelt hat. Ich beschränke mich ausdrücklich auf meine Beobachtungen am Laacher See, weil Fr. Wolle in seinen „Freshwater Algae of the United States“ Bildungen zeichnet, nach denen an *Mastigonema aeruginum* (Ktz.) Kirch. scytonemaartige Verzweigungen auftreten sollen. Kirchner selbst berichtet darüber nichts. Auch Kützings Zeichnungen in seinen „Tab. phcol.“ geben keine derartige Erscheinungen an. Bornet und Flahault haben in ihrer „Révision des Nostocacées hétérocystées“ Kirchners Spezies mit *Calothrix fusca* Born. und Flah. vereinigt. Die Alge fand ich im Bergischen häufig im Schleim von *Batrachospermum*, habe aber nie scytonemaartige Verzweigungen daran bemerkt. Es haben nicht selten Hormogonien von *Scytonema* an den Fadenenden Heterokysten, wodurch leicht eine *Calothrix*- oder eine ähnliche Form vorgetäuscht werden kann, besonders wenn das andere Fadenende etwas verkümmert erscheint. Hinzukommt noch, daß Fr. Wolle nur die Anfänge zu solcher Bildung zeichnete. Exemplare aus dem Laacher See, die ich zu Hause im ersten Jahre in Gefäßen kultivierte, zeigten nach einigen Monaten dasselbe Ergebnis, welches Meyen beschrieb. Bei anderen verfiel wohl das Rivularien-Lager; aber *Scytonema*-Fäden traten nicht hervor. Man konnte nun zu verschiedenen Schlüssen kommen. In einem Falle mochten die Keimstücke, aus denen sich *Scytonema* entwickeln sollte, beim Verfall des *Rivularia*-Lagers zugrunde gegangen sein, während sie im anderen Falle unter günstigeren Bedingungen erhalten blieben und sich entwickelten. Ausgeschlossen war aber auch der Fall nicht, sondern es ist wohl als sicher anzunehmen, daß mit dem *Rivularia*-Lager *Scytonema*-Fäden, welche in unmittelbarer Nähe vegetierten, mit in Kultur genommen wurden. Meyen hat ja selbst den direkten Übergang aus einer Art in die andere nicht gesehen. Er sagt darüber pag. 50 (474) unter Veränderung der Fruchtbildungen: „An einigen Stellen, wo die Fruktifikationsorgane von den umhüllenden Fäden des Thallus isoliert waren, bildeten sich die Früchte zu ganz anderen Formen aus, als

die ich vorhin (cfr. Fig. 10 meiner Arbeit mit Fig. 23) beschrieben habe, und ich vermochte keine andere Ursache dieser Erscheinung aufzufinden als das freie, ungezwungene Wachsen derselben, da sie früher mit dem Thallus bedeckt waren. So wie in dem früher beschriebenen Sporangium, so bildeten sich auch hier aus dem einfachen Aste Seitenzweige; es findet aber hier der merkwürdige Unterschied statt, daß dort die Zweige stets mehr oder weniger mit dem Hauptaste in einer Richtung auslaufen, während sich hier die Äste oft nach der entgegengesetzten Richtung wenden (cfr. Fig. 10 mit 23 und 42). Ersteres wäre wohl von dem gezwungenen Wachstum innerhalb des Konvoluts von confervenartigen Fäden abzuleiten, letzteres aber gerade von dem freien, ungezwungenen Wachstum.“ Aus diesen Ausführungen Meyen's könnte man schließen, er habe wirklich die Entwicklung in ihrem Verlaufe verfolgt. Wäre dieses der Fall, so hätte Meyen sicher den Vorgang von den ersten Anfängen bildlich dargestellt und nicht allein von fertigen, weitverzweigten Fäden geschrieben und solche gezeichnet. Nach meiner Ansicht hat Meyen nur einen ausgebildeten Scytonema-Faden gesehen und hieraus seine Schlüsse gezogen. Warum verschweigt Meyen ganz, daß diese Scytonema-Fäden bräunlich-schwarze Räschen in unmittelbarer Nähe der Rivularia-Form bilden? Diese Räschen sind oft von ziemlichem Umfange, daß sie eher in die Augen fallen müssen als das Lager der Rivularia-Form.

Wollen wir nun den Beweis liefern, daß ein Übergang aus einer Rivularia-Form in einen Scytonema-Faden nicht stattfindet, so kann dieses am sichersten geschehen, wenn die selbständige Entwicklung der beiden Gattungen nachgewiesen wird. Bei solcher Untersuchung mußte Berücksichtigung finden, was bisher über die Lebensgeschichte ähnlicher Algen bekannt geworden ist. Genauere Untersuchungen über eine Rivularia-Form hat A. de Bary 1863 in der „Flora“ als „Beitrag zur Kenntnis der Nostocaceen, insbesondere der Rivularien“, veröffentlicht.

Dieser bekannte Botaniker beschreibt hier den Entwicklungsgang von *Gloeotrichia natans*. Rabh., welche er als

Rivularia angulosa Roth bestimmte und der in Kützing's tab. phycol. Bd. II. Taf. 67 gezeichneten Form entspricht. *Gloeo-trichia* wurde von *Rivularia* getrennt, weil von ersterer umfangreiche Dauersporen bekannt sind, welche bei den *Rivularien* bisher vergeblich gesucht wurden. Eine ähnliche mutmaßliche Dauerspore sieht man am verdickten Ende des *Rivularia*-Fadens in Fig. 7. Nachdem das spitze Ende im Oktober zerfallen und die Dauersporen in einer Gallerthülle längere Zeit geruht hatten und auch einige Tage eingefroren gewesen waren, wuchs im geheizten Zimmer im Januar aus dem oberen Ende der Sporen ein neuer Faden hervor. Es verlief nach de Bary's Mitteilungen die Keimung genau so, wie M. G. Thuret den Vorgang bei *Cylindrospermum* und *Nostoc* in seinen „Observations sur la reproduction de quelques Nostochinées“ (Mem. de la Soc. imp. des sc. nat. de Cherbourg tom. V, 1857) schildert. Nachdem der Faden eine bestimmte Länge erreicht und beide Enden sich zugespitzt hatten, soll derselbe in Hormogonien zerfallen sein. Alle Stücke sollen an einem Ende Spitzen erhalten haben, welche sich nach oben wandten, während aus der untersten Zelle eine Grenz-zelle wurde. Zu gleicher Zeit sollen diese Fäden sich in der Gallertmasse zu einem Thallus mit Scheinästen vereinigt haben, wie Fig. 9 zeigt. Dieser beschriebene Vorgang ist mir sehr unwahrscheinlich und hat ein etwas gekünsteltes Gepräge, zumal solche Fäden, die bei der Bildung ihre Spitze nach der entgegengesetzten Richtung erhielten, der Form des Thallus entsprechend das untere Ende nach oben kehren sollen. Richtiger wird allein die Bildung der Scheinäste zustande kommen, wie es die Figuren 1, 2, 11, 14 und 26 angeben. Bildet sich eine Grenz-zelle innerhalb des Zellfadens, so wächst die Zelle unter der Grenz-zelle als neue Spitze seitwärts fort, und die bisherige Spitze oberhalb der Grenz-zelle bildet den Scheinast (cfr. Fig. 14 bei a). Fig. 9 zeigt einen gedrängten Thallus mit kürzerem Schafte als Fig. 10. Auch der Scheinast in Fig. 14 zeigt eine andere abweichende Form, während der Faden Fig. 7 ohne Scheinast ist. Alles Material vom Laacher See, welches ich in den letzten vier Jahren bearbeitete, untersuchte ich in erster Linie immer

nach Dauersporen und deren Keimung, bis ich den Faden Fig. 7 und die Kyste Fig. 8 entdeckte. Leider waren es die einzigen Funde. Daß dieses verdickte Ende eine richtige Kyste ist, aus der ein neuer Faden hervorzunehmen kann, daran zweifle ich nicht. Dunkel bleibt mir nur die Kyste Fig. 8, da ich die Fragmentierung des Zellinhaltes nicht erklären kann. Eine Kyste aus der Saprolegnien-Reihe kann es auch nicht sein, weil ich derartige Fäden nicht bemerkte und auch die noch vorhandene Grenzzelle dagegen spricht. Ich habe sie gezeichnet, um andere Algologen zu veranlassen, auf Ähnliches ihr Augenmerk zu richten. Waren vorläufig keine Keimungen aus Dauersporen in dem schleimigen Lager auf den Steinen im Laacher See festzustellen, so gelang es bald, Hormogonien oder Fadenstücke aufzufinden, welche für einen neuen Thallus den Ausgangspunkt liefern. Fig. 12 stellt solche zwei Stücke dar. Dieselben waren Scheinäste, haben sich aus dem strahlenförmigen Lager gelöst, ihre Spitzen eingebüßt und sehen ihrem weiteren Schicksale entgegen. Während das linke Fadenstück sehr vergallert erscheint und die einzelnen Zellen äußerst reduziert sind, daß eine Rückbildung wohl ausgeschlossen ist, wird aus den kräftigen viereckigen Zellen des rechten Fadenstückes sich ein neuer Thallus entwickeln, wie Fig. 10 zeigt, indem dieses Teilstück durch Zellteilung und Streckung nach seinem dünneren Ende sich verlängert, Heterokysten bildet und neue Scheinäste anlegt. Die alte Grenzzelle am dicken Fadenende verschwindet, und über derselben bildet sich innerhalb der Scheide eine neue. Aber auch der Hauptfaden löst sich in kleinere Stücke, wie man an Fig. 13 sieht. Innerhalb des Fadens sind Grenzzellen entstanden. Da die Zelle unter denselben am Weiterwachsen gehindert ist, erweitert sich an dieser Stelle die Scheide, und neben der Grenzzelle wächst der alte Faden weiter. Haben sich später die einzelnen Teile der Fig. 13 gelöst, so sind dieselben imstande, als Einzelfäden wie Fig. 7 ohne Scheinäste sich durch Zellteilung zu verlängern oder auch durch Anlegung von Scheinästen die Form der Figuren 9, 10, 11 auszubilden. Das Auffinden dieses Fadenstückes Fig. 13 gab mir auch

schon einen festen Anhalt, daß kein Übergang aus der Rivularia-Form nach Scytonema stattfindet. Während sonst mit dem Auftreten der Grenzzelle die Anlegung des Scheinastes erfolgte, verharrten hier die Heterokysten innerhalb der Scheide, bis infolge Wachsens die Spannung im mittleren Teile stieg, die Scheide sich erweiterte und das mittlere Fadenstück zur Seite gedrückt wurde. Gerade an diesem alten Fadenstücke hätte sich eine Scytonema-Form bilden können, wenn die Zellen oberhalb und unterhalb der einzelnen Grenzzellen durch kräftiges Wachsen die Scheide rechts oder links durchbrochen und Doppeläste angelegt hätten. Alles Suchen nach derartigen Ansätzen war vergebens. Ich fand später noch viele alte Fadenstücke von Rivularia, in denen sich Grenzzellen gebildet hatten, aber nicht die geringste Spur zur Umbildung in die Scytonema-Form; bei allen ging das eine Ende zwischen zwei Grenzzellen in die bekannte Spitze der Rivularia-Form über. Ähnliches sehen wir an einer Calothrix-Form in den Figuren 26 und 28, welche ich im Bergischen sammelte. In Fig. 26 wurde der Druck der unteren Zellen, nachdem sich dicht hintereinander zwei Grenzzellen gebildet hatten, so stark, daß gleich eine Sprengung der Scheide erfolgte, was bei Fig. 28 nicht nötig war, da nach Bildung der Grenzzelle das untere Fadenstück keine Lust spürte, weiterzuwachsen. Auch in Fig. 15 entstand nach Auftreten einer Grenzzelle ein neuer Faden, während vom alten Stücke nur die Form mit der bisherigen Grenzzelle erhalten blieb. In der Schleimmasse auf den Steinen des Laacher Sees wurden auch hin und wieder Stücke von *Sirosiphon pulvinatus* Bréb. gefunden, welche sich einzeln an feuchten Stellen außerhalb des Wassers zu kleinen Stämmchen entwickelten. Ich habe diese Spezies Fig. 29 gezeichnet. Da Itzigsohn in seiner Lebensgeschichte von *Hapalosiphon Braunii* ähnliche, angebliche Entwicklungszustände vorführte, suchte ich danach, ob etwa ein genetischer Zusammenhang zwischen obiger Alge mit der Rivularia-Form, Fig. 10, oder dem Scytonema-Faden, Figuren 23, 32 und 42, bestehe. Man kommt dazu, sich diese Frage zu stellen, wenn man in Fig. 29 bei a die abgegliederten Hor-

mogonien ins Auge faßt, welche nach Zerreißung der Endkappe dem Hauptstamme entschlüpfen. Da dieselben den in Fig. 22 abgebildeten Hormogonien nicht unähnlich sind, auch in den Stämmchen von Siro-siphon die Heterokysten des Scytonema-Fadens nicht fehlen (cfr. Figuren 29 und 23 bei b), verfolgte ich die Entwicklung der Hormogonien von Siro-siphon längere Zeit, konnte aber nie ein Abweichen von der Ursprungsform wahrnehmen, sondern alle Hormogonien entwickelten sich zu einem neuen Siro-siphon, wie es Fig. 30 zeigt. Bald nach dem Ausschlüpfen der Hormogonien nahmen die Zellen derselben bedeutend zu, das Fadenstück umgab sich mit einer Scheide, welche von den Zellen abgesondert wurde, und die einzelnen Zellen bildeten sich durch Längs- und Querteilungen zu Gonidien um. Die Scheide erweiterte sich immer mehr, um den stärker werdenden Gonidien Platz zu schaffen, bis der fertige Siro-siphon-Stamm herangewachsen war. Während in den Hormogonien, solange sie im Verbande der Pflanze blieben, keine Heterokysten hervortraten, bildeten sich diese bald nach dem Ausschlüpfen derselben. Daß die Grenzzellen ein Hindernis für das Wachstum bilden, sieht man an Fig. 30 bei b. Doch wird auch diese Hemmung überwunden. Nach einiger Zeit vereinigen sich die in Fig. 30 dargestellten Schläuche zu einem einzigen, die Gonidien schließen sich aneinander, und die Heterokysten werden von ihnen umschlossen. Wie Fig. 30 zeigt, legt das noch ganz junge Pflänzchen bereits wieder ein Hormogonium an, dessen zweite und vierte Zelle durch Längsteilung schon die Gonidienbildung vorbereiten. Die Bildung von Dauersporen aus der Gonidienmasse habe ich nicht beobachtet.

Wesentlich gefördert wurde meine Arbeit, als ich im dritten Hochsommer an Moosblättchen, Holzstücken und Steinen grüne Kügelchen fand, wie sie die Figuren 4 und 5 in natürlicher Größe zeigen. Wie ich im vierten Jahre feststellen konnte, findet man dieselben sehr selten im Frühlinge. Die kleinen Ballen waren meist halbkugelig und mit einer festen Gallertschicht umgeben. Eine oberflächliche Prüfung mit der Lupe zeigte bald, daß ich eine echte Rivularia-Kugel vor mir hatte. Von einem Zentralpunkte waren alle Fäden

mit ihren Scheinästen, wie ich sie bisher nur in der Schleimmasse auf den Steinen fand, in diese Gallerthalbkugel eingeschlossen und mit ihren Spitzen nach der Peripherie gerichtet; nur waren die Fäden etwas dünner. Fig. 6 zeigt einen solchen Ballen bei schwacher Vergrößerung.

Es war mir gleich klar, daß zwischen den bisher auf den Steinen beobachteten Stämmchen und diesen Kügelchen eine Verwandtschaft bestehe und daß in diesen kleinen Polstern, die durch lebhaftes Grün schon ihre Jugend verrieten, eine Keimung aus Sporen zu suchen sei. Über die feste Gallerthülle, in welcher eine junge Kolonie sich regelrecht aufbaut, sind die verschiedensten Ansichten vorgebracht. Niemals findet man junge Kolonien in strahlenförmiger Anordnung ohne Gallertmantel. Gallert und Pflanze sind immer vereinigt. Da sich nun keine Gallert frei bilden kann, müssen den schleimigen Stoff die jungen Rivularia-Fäden von den ersten Anfängen ausscheiden. Es wiederholt sich in teilweise veränderter Form dieselbe Erscheinung, welche man bei *Draparnaldia*, *Chaetophora* und ähnlichen Algen wahrnimmt. Da alle Dauersporen bekanntlich zum Schutze mit festen Gallerthüllen umgeben sind, erweitert sich bei der Keimung dieser Sack und hält so den ausgebildeten Thallus mit seinen Scheinästen gefangen, bis durch äussere Einflüsse die Gallerte erweicht wird, die Kugel sich löst und die einzelnen Fragmente in die Schleimmasse auf den Steinen gebettet werden. Aber auch dann sondern die Fäden noch Gallerte ab, wodurch sie ihre Scheiden verdicken und nach den Spitzen fächerartig erweitern. Dieser Umstand veranlaßte L. Rabenhorst in seiner „*Flora Europaea algarum usw.*“ 1865 die *Meyensche Listia crustacea* in *Schizosiphon Listeanus* umzuändern. Doch hat sich im Laufe der Jahre immermehr herausgestellt, daß eine selbständige Gattung *Schizosiphon* nicht aufrecht erhalten werden kann. Bornet und Flahault haben in ihrer „*Révision des Nostocacées usw.*“ *Schizosiphon* gestrichen, da derartige Bildungen nur veränderte Formen anderer Gattungen sind. Ich möchte die *Rivularia*-Spezies als *Rivularia minutula* Bornet und Flahault ansehen.

Bei den ersten Untersuchungen wollte es noch nicht.

gelingen, den Vorgang der Keimung zu beobachten, da sich in der Mitte der Basis der Halbkugel ein großer Wulst von braungelben Scheiden findet, der jeden tieferen Einblick verhindert. Nach langen ergebnislosen Beobachtungen fand ich endlich die Keimzellen, aus denen der erste Faden sich entwickelt. Fig. 2 zeigt solche Zellen mit frisch hervorsprossenden Pflanzenstämmchen. Während einige Fäden schon eine ansehnliche Länge erreicht haben, stecken bei zwei Zellen die Keimstücke noch in der aufgesprungenen Hülle. Merkwürdig ist das Zusammenliegen zweier Zellen und das Hervorwachsen nach entgegengesetzten Seiten. Vielleicht hängt diese Richtung damit zusammen, daß diese Keimstücke aus einem kleinen, besonders lockeren Verbands herrührten. Fig. 3 zeigt noch fünf ruhende Sporen. Ob nun die Sporen aus einer Fig. 8 ähnlichen Kyste hervorgegangen waren, oder aus dem unteren, verdickten Fadenende durch Fragmentierung entstanden, ließ sich nicht feststellen. Beobachtet wurde nur, daß ältere Scheinäste und Stämmchen am unteren Fadenstücke eine Dauerspore mit verdichtetem Zellinhalte durch eine feste Gallerthülle abschieden, wie es die Figuren 40 und 41 zeigen. Das Endstück der Dauerspore in Fig. 40 ist etwas nach vorn gekrümmt, wodurch dieselbe rund erscheint, während sie in Fig. 41 länglich ist. Die übrigen Zellen scheinen durch Vergallertung abzusterben, Es ist nicht ausgeschlossen, daß die in Fig. 3 nebeneinander liegenden fünf Sporen sich aneinandergeschlossen haben, nachdem sie sich einzeln gebildet hatten. Fig. 11 zeigt, daß ein Scheinast oft eine kräftigere Gestalt erhalten kann, als der Faden selbst an der Stelle besitzt, wo sich der Scheinast anlegt. Keimfäden haben anfangs keine Grenzzellen an der Ursprungsstelle; auch am Fuße der aus Hormogonien hervorgegangenen Stämmchen fehlen dieselben. Dagegen treten dann oberhalb der üblichen Ansatzstelle in der Scheide vor dem Zellfaden ähnliche Gebilde auf, wie man in den Figuren 10 und 12 sieht.

Nicht alle Stämmchen und Scheinäste bilden Hormogonien und Dauersporen. Fig. 37 zeigt ein schematisiertes Bild zusammengedrängter Äste und Stämmchen mit sehr erweiterten Scheiden. Die Zellen innerhalb derselben sind in Un-

ordnung geraten. Sie werden durch Teilung zu Nostoc-Schnüren und bilden, nachdem die Gallertscheiden eine flüssigere Form erhalten haben, ein spangrünes, rundes Nostoc-Lager von der Größe eines Stecknadelknopfes bis zum Umfange einer Erbse. Die früheren Scheiden sind in Fig. 39, welche einen Schnitt aus dem Gebilde wiedergibt, noch teilweise sichtbar. Es ist dieser Vorgang keine vorübergehende Erscheinung, sondern die Nostoc-Kolonie wächst an vom Seewasser stets feucht gehaltenen Stellen oft in zahlreichen Pünktchen. Auffällig war, daß ich an den hakenartig gekrümmten Nostoc-Schnüren niemals Heterokysten fand. Ich habe diese Form *Nostoc lichenoides* Vauch. genannt. Ob dieselbe sich durch Ruhesporen vermehrt, konnte nicht festgestellt werden. Es ist mir schwer geworden, an einen Übergang von einer Gattung in eine andere zu glauben. Nachdem ich aber selbst die Umwandlung der aus der Scheide gelösten Zellen der *Rivularia* in Nostoc-Schnüre gesehen habe, muß ich gestehen, daß ein Polymorphismus bei den Algen besteht. Ich wählte für die Nostoc-Kolonie den obigen Speziesnamen, da sowohl der äußere, rundliche, stecknadelknopfgroße Thallus, als auch die innere Anordnung der Schnüre mit Kützing's Zeichnung in seinen „Tab. phycol.“ am besten in Einklang zu bringen war. Die Zahl der seit Vaucher beschriebenen Nostoc-Spezies ist groß. Ich habe mir nicht die Mühe gegeben, sie in den einzelnen erschienenen Floren zusammenzuzählen. Sicher könnte eine Menge Nostoc-Formen gestrichen werden. Wenn aber einer damit anfängt, fügt er gleich ein paar neue hinzu, und so bleibt die Zahl so ziemlich auf gleicher Höhe. Es soll damit keinem ein Vorwurf gemacht werden, da ich fest überzeugt bin, daß sämtliche Autoren, die solches unternehmen, von den triftigsten Gründen geleitet werden. Ich glaube, daß hierin mit der Zeit erst ein gründlicher Wandel sich vollziehen wird, wenn, ausgerüstet mit den verbesserten, technischen Hilfsmitteln heutiger Zeit, ein tüchtiger Botaniker, der gleichzeitig ein vorzüglicher Zeichner, Maler und Photograph ist und die nötige Muße hat, sich der mühevollen Arbeit unterzieht, alles nur im frischen, lebenden Zustande erreichbare Material in den ver-

schiedenen Phasen bildlich darzustellen und eventuell zu beschreiben. Dabei können die Exsiccaten noch immer ihren Wert behalten, dürfen aber nicht in erster Linie als grundlegend gelten. Weil nicht jeder die Ausdauer eines Kützings besitzt, eine so umfangreiche Arbeit allein auszuführen, würde es schon von hohem Werte sein, wenn mehr Monographien einzelner Gattungen die Sache vorbereiteten. Bornet und Flahault haben in ihrer „Révision des Nostocacées“ noch 29 Arten beschrieben, manche gestrichen und andere neue hinzugefügt. So wurde auch *Nostoc lichenoides* Vauch. von ihnen ausgeschieden und als *Collema* sp. erkannt, was sich leicht erklären läßt, wenn man die weitere Entwicklung verfolgt. Borzi führt sie 1878 in seiner „Note alla morfologia e biologia della alga ficocromacee“ noch als echte Spezies an. Notwendig ist es nicht, daß bei jeder *Rivularia*-Kolonie auch eine *Nostoc*-Form entstehen muß. Wo aber eine *Nostoc*-Spezies in Gemeinschaft einer *Rivularia* oder ähnlicher Cyanophyceen gefunden wird, möge man sich die Mühe nicht verdrießen lassen, nach einem Zusammenhange zu suchen.

De Bary ließ sich von den Beobachtungen Itzigsohns nicht überzeugen, als der berühmte Thuret von *Nostoc vesicarium* D. C. die Bildung von Dauersporen und deren Keimung beschrieben und durch schöne Zeichnungen erläutert den Fachkreisen vorlegte. De Bary schrieb in der „Flora“: „Von den meisten Nostocaceen kennt man keine Fortpflanzungsorgane oder besonders organisierte Übergangsglieder, welche in die Generationsreihen der Glieder- und Grenzzellen eingeschaltet wären. Die einzig sicher konstatierte Vermehrung besteht darin, daß sich die Fäden an beliebigen oder durch Grenzzellen bezeichneten Stellen in einzelne Stücke trennen und jedes von diesen das Längenwachstum des primären Fadens in der bisherigen Weise fortsetzt. Einige Beobachter, insbesondere Itzigsohn und neuerdings Hantzsch, haben zwar solche Übergangsglieder oder Fortpflanzungsorgane für eine Reihe von Nostocaceen zu finden geglaubt, indem sie in den Entwicklungskreis derselben gewisse Chroococcaceen hereingezogen. Aus *Chroococcus* sollen sich junge *Nostoc*-Stöcke, aus *Gloeocapsa Sirospira* entwickeln usw. Bei der Ähn-

lichkeit, welche zwischen den einzelnen Zellen der Chroococcaceen und Nostocaceen unzweifelhaft besteht, hat diese Ansicht von vornherein einige Wahrscheinlichkeit für sich, denn der einzige durchgreifende Unterschied zwischen beiden Abteilungen liegt lediglich darin, daß die Zellen der Chroococcaceen nicht zu Fäden vereinigt sind, und sich häufig nach anderen Teilungsgesetzen als die der Nostocaceen vermehren. Gerade aus dieser Ähnlichkeit entspringen aber, insofern dieselbe gar leicht die Quelle von Täuschungen und Verwechslungen werden kann, große Bedenken gegen die erwähnte Ansicht. Jedenfalls müßten diese, um als erwiesen betrachtet zu werden, sich auf eine genaue Untersuchung aller einzelnen Vorgänge gründen, durch welche die für sich immer scharf charakterisierten Chroococcaceen sich in Nostocaceen-Formen umwandeln und umgekehrt. Dieser Anforderung wird aber durch die vorliegenden Mitteilungen keineswegs genügt. Denn dieselben beschränken sich darauf, eine Anzahl gesellig beieinander vorkommender, fertiger Formen nach ihrer Ähnlichkeit zu einer Entwicklungsreihe zusammenzustellen; und zwar scheint diese Reihe über Entstehung von Nostocaceen aus Chroococcaceen einigen Aufschluß zu geben, während sie die Entstehung letzterer aus jenen ganz im Unklaren läßt. Und endlich stehen die Angaben der erwähnten Autoren mit positiven Tatsachen im ungelösten Widerspruch, indem sie eine durchaus andere Entstehungsweise junger Nostoc-Individuen behaupten, als die, welche durch Thuret's Untersuchungen bestimmt nachgewiesen ist und in sehr zahlreichen Fällen leicht beobachtet werden kann. Diesen Bedenken gegenüber liegt in den erwähnten Angaben zwar eine Anregung zu fernerer Untersuchung, aber bis jetzt keine Bereicherung unserer positiven Kenntnisse über die Fortpflanzung der Nostocaceen.“

Wie heute die von de Bary beschriebene *Rivularia angulosa* wegen ihrer bei allen Fäden auftretenden großen Ruhesporen, welche man bei anderen Arten vermißte, als besondere Gattung *Gloeotrichia* ausgeschieden wurde, brauchen nicht alle Nostoc-Arten sich allein aus Dauersporen zu entwickeln. Gesehen habe ich bei meinem Nostoc keine Dauer-

sporen und deren Keimung; das schließt aber noch lange nicht aus, daß sich keine bilden können. Borzi hat solche gesehen. Ebenso wenig kann man behaupten, daß andere Nostoc-Kolonien einen ähnlichen Ursprung nicht haben können. Außer dieser Nostoc-Form wurden auch Fälle beobachtet, in denen sich die grünen Zellen, nachdem sie sich aus der Scheide des Rivularia-Fadens gelöst hatten, zu Chroococcus-Gebilden umformten und unter starken Gallertauscheidungen sich wiederholt teilten. Das Ganze wurde mit Hyphen bald kreuz und quer durchzogen; aber einen besonderen, mit derartigen Gonidien ausgebildeten, vollständigen Flechtenthallus konnte ich nicht feststellen. (cfr. Fig. 38.) Die Einleitung zur Bildung eines solchen war freilich vorhanden. Da die Hyphen, deren Herkunft sich nicht nachweisen ließ, in unmittelbarer Nähe vorhanden waren, wurden auch die Nostoc-Kügelchen ergriffen, und es bildete sich eine Gallertflechte, wovon Fig. 43 nur ein Bruchstück wiedergibt.

Insoweit haben Bornet und Flahault ganz korrekt gehandelt, als sie das, was ihnen vielleicht die Exsiccaten-Sammlung bot, als *Collema* sp. ansprachen. Ich habe diese Flechte *Collema pulposum* var. *hydrocharum* Ach. benannt. Da die Nostoc-Form im Verhältnis zum Thallus von *Collema* sehr klein ist, wurden diese winzigen Kügelchen von obigen Autoren nicht wiedergefunden. Es ließe sich nun die Frage aufwerfen, ob nicht die Hyphen gleich die Rivularia-Fäden durchwuchern könnten, nachdem sich deren kugelförmiger Thallus gelöst hätte. So könnten dann innerhalb des *Collema*-Thallus nach Auflösung der Scheiden aus den grünen Fadenzellen die Nostoc-Schnüre sich nachträglich bilden. Schwendener zeichnete in seinen „Algentypen der Flechtengonidien“ eine strauchartige Flechte, welche ihm von Prof. Tuckermann aus Anherst (Mass.) übersandt wurde, deren Gonidiensystem vorzugsweise aus nahezu unveränderten, in den peripherischen Teil des Thallus eingebetteten Rivularien besteht. Auch Anfänge von Nostoc-Schnüren, welche ihren Ursprung der Rivularia verdankten, konnte er feststellen. Um die Gewißheit zu bekommen, ob auch ein ähnlicher Aufbau bei *Collema pulposum* var. *hydrocharum* Ach. möglich sei, wurden die ver-

schiedensten Proben untersucht, aber in keinem ausgebildeten Thallus eine Spur von *Rivularia* gefunden.

Nachdem wir so den ganzen Lebensgang von der *Rivularia* verfolgten und niemals Umbildungen in *Scytonema* bemerkten, bliebe noch übrig, auch die Entwicklungsgeschichte dieser zweiten Cyanophyceae zu untersuchen. — Unsere *Scytonema*-Form gedeiht am besten ausserhalb des Wassers an feuchten, kalkhaltigen Stellen, während sich *Rivularia* gern an Wassermoosen und Steinen vom Wasser überfluten läßt. *Scytonema*-Räschen, welche mit Felsstücken ins Wasser gestürzt waren, gingen immer mehr zurück, bis im vierten Jahre nur noch kleine Reste übrig blieben. Benachbart werden beide nur da gefunden, wo an etwas beschatteten Ufern ein kräftiger Wellenschlag die *Rivularia*-Form regelmäßig benetzt. Da es bisher bei einigen Autoren üblich war, den Dickenverhältnissen dieser Gattung für die Artbestimmung eine etwas übertriebene Bedeutung beizulegen, wurde eine Unmenge *Scytonema*-Spezies beschrieben, gezeichnet und für solche gehalten, daß man, nachdem die Ansichten hierüber nüchternen Anschauungen Platz gemacht haben, Mühe hat, in dem Wirrwarr sich zurecht zu finden. Der stärkere Faden, welchen uns Fig. 23 veranschaulicht, ist *Scytonema Myochrous* Agardh. Derselbe bildet an feuchten Ufern des Laacher Sees braun-schwärzliche Räschen. Dazwischen und daneben findet man aber dünnere Formen, wie die Fig. 42 zeigt. Bornet und Flahault haben unter dem Namen *Scytonema Myochrous* Agardh eine lange Liste von Arten vereinigt, welche sie für synonym mit derselben erklären. Ich wollte noch einen Schritt weiter gehen und auch diese dünnere Form als Pflanze eines jüngeren Lebensalters mit *Scytonema Myochrous* vereinigen, stehe aber davon ab, weil obige beide Gelehrte in ihrer „Révision des Nostocacées“ erklären: „*Scytonema Myochrous* ist sehr oft vermischt mit *Scytonema figuratum*, und die beiden Arten sind häufig von den Sammlern verwechselt worden. Trotz ihrer Ähnlichkeit halten wir sie für gut getrennt. Das verlängerte Studium, welches wir an den mannigfaltigsten Plätzen und in den verschiedensten Zeitabschnitten dem

Punkte widmeten, hat uns keinen Übergang von einer Art zu anderen gezeigt.“ — Aus diesem Grunde spreche ich Fig. 42 als *Scytonema figuratum* Agardh an, weil obige Arbeit heute noch als die beste Monographie der Cyanophyceen angesehen werden muß, ganz abgesehen von den großen Lücken, welche sie aufweist. Wie diese Spezies habe ich an anderen Orten, z. B. am Thuner See, nicht selten auch *Scytonema alatum* Borzi unter *Scytonema Myochrous* gefunden, und ich bin der festen Meinung, daß diese Spezies durch fächerartige Erweiterung der Zellenscheide aus obiger Art hervorgeht. Da alle aus Dauersporen sich entwickelnden Keimlinge zwei- bis vierfach dünner sind als ausgewachsene Exemplare, wofür wir an unserer *Rivularia* ein Beispiel hatten, vermute ich, daß auch obige drei *Scytonema*-Arten genetisch zusammengehören. Fäden, welche unter günstigen Einflüssen kräftige Zellen erhalten, sind auch imstande, stärkere Scheiden anzulegen und infolge lebhafteren Wachstums reichlicher Äste zu bilden. Leider konnte ich nach dieser Seite obige *Scytonema*-Formen nicht verfolgen, um mich nicht zu weit von der Frage, ob ein Polymorphismus zwischen unserer *Rivularia* und *Scytonema* besteht, zu entfernen. Außer *Scytonema Myochrous* und *figuratum* wurden hin und wieder Fäden gefunden, welche einen wesentlich abweichenden Aufbau zeigten. Die Fig. 32 bietet davon ein oberes Teilstück mit abgerissener Spitze, aus welcher bei „ ein Hormogonium hervortritt. Doppeläste sucht man vergebens. Die Dicke des Fadens hält die Mitte zwischen *Scytonema Myochrous* und *figuratum*. Hätte diese Form für sich allein ein Lager gebildet, hätte ich keine Bedenken getragen, für sie einen Spezies-Namen zu suchen resp. sie als neue Art anzusprechen. Daß eine verwandtschaftliche Beziehung mit *Scytonema Myochrous* vorhanden ist, verrät schon ein flüchtiger Vergleich der beiden Figuren 23 und 32. Nach der Zeichnung ist in Fig. 32 ein unechter dichotomer Aufbau vorhanden, welcher im unteren Teile in umgekehrter Richtung die gleiche stumpf-spitze Verzweigung aufweist, wie sie hier als oberstes Stück gezeichnet wurde, woraus hervorgeht, daß der Faden sich nach beiden Seiten verlängert, beide

Enden gleichwertig sind und von Fuß und Scheitel keine Rede sein kann. Ein Tolypothrix-Typ liegt nicht vor, da die Verzweigung nach beiden Seiten erfolgt und an der Durchbruchstelle vor der Heterokyste noch einige oft verkümmerte vegetative Zellen liegen, was auch an *Scytonema figuratum* zu sehen ist.

Charakteristisch sind für die Figur die wellig gefalteten Zellhäute an den Spitzen der Äste, welche den ersten Anhalt für die Zusammengehörigkeit mit *Scytonema Myochrous* geben. Rabenhorst beschreibt Fig. 32 in seiner „Flora europ. Alg. sect. II. pag. 251“ als *Scytonema gracile* Ktz., während Bornet und Flahault diese Spezies für synonym mit *Scytonema Myochrous* erklärt haben. Es wäre noch zu erwägen, ob die Vermutung Meyen's, nach welcher seine *Listia crustacea* außerhalb des festen Thallus infolge freieren Wachstums scytonemaartige Scheinäste anlegen soll, vielleicht einen Stützpunkt an dieser Form finden könnte. Auf den ersten Blick, besonders wenn man die Richtung der Äste ins Auge faßt, läßt sich eine entfernte Ähnlichkeit des Aufbaues nicht ganz ableugnen; faßt man aber die Struktur des Zellfadens, die Ansatzstellen der Scheinäste und die Form der Zellscheide an den Spitzen ins Auge, bleiben alle Versuche, irgend einen Zusammenhang zwischen den beiden Algen zu finden, ergebnislos. Rabenhorst spricht nur von einfachen Scheinästen, und Kützing stellt in seinen „Tab. phycol.“ auch nur solche bildlich dar. Da die Fäden von *Scytonema gracile* Ktz. (Fig. 32), welche ich beobachtete, nicht übermäßig lang waren, daß sich stets beide Enden leicht finden ließen, ist nicht ausgeschlossen, daß es junge Fäden waren, welche erst in einem späteren Zeitabschnitte dazu übergehen, in der Mitte Doppeläste anzulegen. Diese Annahme läßt sich deshalb nicht strikte von der Hand weisen, weil bei *Scytonema Myochrous* nach den beiden Enden hin meistens einfache Scheinäste gefunden werden. Fig. 23 zeigt eine gut entwickelte Pflanze mit einer einfachen und doppelten Astbildung, welche voneinander in der Weise abweichen, daß bei dem einfachen Aste eine wirkliche Astbildung durch senkrechte Zellteilung und Weiterwachsen des Teilstückes mit seitwärtiger Ausstülpung der

Scheide zu einem Aste erfolgte, während die doppelte Astbildung mit lebhaftem Wachsen und Teilen der Zellen und infolgedessen vorhandener Spannung in der Längsrichtung der Scheide eintreten muß, wenn eine Seitenwand dem Drucke des allmählich gekrümmten, grünen Zellfadens keinen Widerstand mehr leisten kann. Sehr häufig bemerkt man an der Durchbruchstelle eine Grenzzelle, welche darauf schließen läßt, daß hier eine Astbildung erfolgen mußte, sobald die rechts und links von derselben liegenden vegetativen Zellen sich vergrößerten und vermehrten. Fig. 42 zeigt uns einen derartigen Fall. Verdicken sich die Scheiden der Äste mehr, so nimmt die Bruchstelle wieder eine festere Form an, die Grenzzelle dazwischen kommt immer mehr ins Gedränge, schrumpft und verschwindet ganz, weil sich im unteren Teile die Äste aneinander drängen und mit ihren Scheiden verwachsen. Der obere Teil der paarigen Astbildung in der Fig. 23 zeigt bei a, daß beide unterhalb der letzten Heterokyste im Begriff sind, einen einfachen Ast anzusetzen, indem der an dieser Stelle im schnellen Wachstum begriffene Zellfaden sich an der Grenzzelle vorbeidrängt, die Scheide seitwärts erweitert und sich an den bisherigen Scheinast als Nebenast anlegt. Man kann in manchen Fällen darüber streiten, was man als Ast ansehen muß. Nach ähnlichen Bildungen bei *Rivularia* könnte wohl die alte Spitze als Scheinast angesprochen werden, während anderseits analog dem verlängerten Hauptfaden die ersten angelegten Äste wieder als Basis sekundärer Bildungen gelten müssen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß diese Enden oberhalb der letzten Grenzzelle bei lebhafter Entwicklung des grünen Zellfadens ruhig weiter wachsen. Der abweichende, einfache wirkliche Ast des Hauptfadens bildet eine Ausnahme. Allgemein findet man sonst nur einfache Scheinäste, welche sich in der Weise anlegen, wie es uns die Figuren 32 und 42 veranschaulichen. Ich habe die Ausnahme gezeichnet, um die nahe Verwandtschaft mit der Gattung *Stigonema* (*Sirosiphon*) anzudeuten. Gleichmäßige Zellfäden findet man selten. In Fig. 23 sind alle grünen Zellen des Fadens ungefähr halb so lang als breit. Fig. 21 zeigt ein ebenso breites Fadenstück mit rechteckigen Zellen.

Doch auch diese Erscheinung wird selten durch einen ganzen verzweigten Faden angetroffen. Die gewöhnlichsten Fälle bieten die Figuren 32 und 42, in welchen die verschiedensten Formen oft mit kurzen Unterbrechungen abwechseln.

Ogleich meine Hauptaufgabe war, den Nachweis zu führen, daß an den Grenzen des festen Thallus der *Rivularia* niemals Fäden dieser Spezies in eine *Scytonema*-Form übergehen, würde dieser Arbeit etwas fehlen, wenn nicht nachgewiesen würde, wie eine Vermehrung resp. Entwicklung eines *Scytonema*-Fadens erfolgt. Vorausgeschickt mag werden, daß bei diesen Spezies ein Wechseln der Generationen nach bestimmten Zeitabschnitten wie bei den einjährigen Phanerogamen ausgeschlossen ist. Wenn auch in den Wintermonaten bei allen *Scytonema*-Arten ein Stillstand im Wachsen eintritt, dem im Frühlinge eine lebhaftere Verzweigung folgt, erliegen solche Räschen selbst der strengsten Kälte nicht. Dieser Umstand macht es erklärlich, daß man vergeblich nach umfangreichen, mit Baustoffen ausgerüsteten und durch kräftige, mehrschichtige Gallerthüllen geschützten Dauersporen sucht. Die Pflanze bedarf ihrer nur im beschränkten Maße, um sich zu erhalten. Ganz anders ist es mit den *Oscillatorien*, von denen man weiß, daß sie die größten Temperaturunterschiede ertragen können. Bei ihnen werden nie Dauersporen festgestellt werden. Trotzdem kann der Naturforscher nicht ruhen. Hier alles anzuführen, was schon über die Entwicklung der *Oscillatorien* geschrieben wurde, unterlasse ich und erinnere nur daran, was ich darüber in dieser Arbeit von sehr ernsten Botanikern berichtet habe. Nun überragt *Scytonema* in seiner ganzen Organisation *Oscillatoria* sehr und ist eher mit *Rivularia* auf gleiche Stufe zu stellen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, zu untersuchen, ob auch eine Vermehrung durch Hormogonien und Dauersporen stattfindet. Wie bei *Rivularia* können auch von dieser Spezies leicht Hormogonien gefunden werden. Dieselben bedeuten für die Pflanze fast dasselbe, was die Ableger für die Phanerogamen sind. Fig. 22 zeigt uns ein Fadenstück, dem ein Hormogonium zu entschlüpfen sich anschickt. Im unteren Teile hat sich ein kleineres Stück freigemacht und wird sich

außerhalb der Scheide auch allein entwickeln. Daneben sehen wir ein bereits aus der Scheide gelöstes Hormogonium. Nachdem sich dasselbe durch Gallertausscheidung wieder mit einer neuen Hülle versehen hat, wächst es zu einem selbständigen Faden heran. Wie sich die Zellscheiden allmählich erweitern, deuten die Figuren 16 und 17 an. Doch scheint das Wachstum des Zellfadens und der Scheide nicht immer gleichen Schritt zu halten, worauf schon das Durchbrechen der Scheinäste zurückgeführt wurde. Verwerten die Zellen alle Baustoffe zu ihrer Vergrößerung und Vermehrung, bleibt für die Bildung der Scheide nichts, weshalb infolge des Druckes eine Sprengung an geeigneter Stelle erfolgen muß. Andererseits können bei schnellem Wachsen der Scheinäste die Zellscheiden für ihren Zweck die Zellen so in Anspruch nehmen, daß diese für ihre eigenen Bedürfnisse zu wenig behalten und deshalb, da Scheide und Zellfaden voneinander abhängig sind, wohl die Länge der Scheide erreichen, aber wie ein straff gezogener Gummifaden verschmälert und oft unterbrochen erscheinen, wie man es an den Doppelästen in Fig. 42 teilweise bemerkt. In Fig. 19 gleicht das längere Hormogonium einem sterilen Cylindrospermum. Eine andere Form bieten die Figuren 18 und 20.

Während die ersteren Nostoc-Schnüren glichen, sehen wir hier rechteckige Zellen mit Heterokysten an den Enden. Auch andere junge Scytonema-Fäden schließen nicht selten mit derartigen Grenzzellen ab. Eine Erklärung hierfür gibt uns der absterbende Faden in Fig. 18. Was in anderen Fällen ein Hindernis für die freie Entfaltung war, wird hier ein Schutzmittel, die zwischen den Grenzzellen liegenden Zellen vor Vergallertung zu bewahren. Genau vor der Grenzzelle hört der Verfall des Zellfadens auf. Solche frei werdende Fadenstücke sind den zuerst besprochenen völlig gleichwertig und entwickeln sich in derselben aufsteigenden Richtung. Über die weiteren Fortschritte geben uns die Fig. 33 und 36 Auskunft. Fig. 36 verrät eine kränkelnde Natur, dagegen hat sich das Hormogonium in Fig. 33 kräftig entwickelt und fast die Dicke von Scytonema Myochrous erreicht. Als ich dieses Fadenstück sah, drängte sich mir die Frage auf, wo-

durch dasselbe wohl verhindert sein möge, sich zu verlängern. Ich wußte hierfür keine andere Gründe zu finden, als daß das Fadenstück erst die vollständige Form seiner Spezies an Umfang und Scheidengestalt festlegt, ehe es zum Wachstum in die Länge übergeht. Wäre diese Ansicht richtig, so könnte sie einen Fingerzeig liefern, den dünneren Faden nicht als Varietät von *Scytonema Myochrous* anzusehen. Daß Fig. 33 kein beliebiges Bruchstück eines Fadens darstellt, deuten schon die der Normalform in allen Stücken entsprechenden Enden an. — Wie Fadenstücke, welche aus einer Anzahl Zellen bestehen, der Ausgangspunkt eines neuen, verzweigten Fadens waren, sind dazu auch einzelne kräftige Zellen imstande, wie wir sie in Fig. 35 bei a sehen. Dieselben wurden in einem absterbenden Räschen gefunden. Ungünstige Einflüsse von außen schienen diesen Zustand herbeigeführt zu haben.

Die Scheiden lösten sich, und die Zellen gerieten in Verfall; nur die kräftigeren, welche eine schützende Hülle aufwiesen, hatten ein gesundes Ansehen. Nachdem diese wieder eine günstige Anregung gefunden hatten, sprengten sie ihre Hülle und verließen dieselbe, um zu einem neuen Faden heranzuwachsen. (cfr. Fig. 35 b, c.) Fig. 34 stellt ein derartiges Fadenstück dar, soweit ich dasselbe verfolgen konnte. — Weil ich hier meine Arbeit abbrechen mußte, blieb mir keine Zeit, festzustellen, wann solche aus einzelnen Zellen oder Sporen hervorgegangenen Fäden die ihrer Spezies eigenen Scheiden erhalten. Außer den bisher besprochenen Cyanophyceen des Laacher Sees wird daselbst nicht selten Fig. 31 gefunden, welche *Tolypothrix tenuis* Ktz. darstellt. Da dieselbe keinerlei Beziehungen zu einer anderen andeutete, kann sie als gute Art festgehalten werden.

Fassen wir nun kurz das Resultat unserer Arbeit zusammen, so ergibt sich folgendes:

„Die von Meyen beschriebene „*Listia crustacea*“ ist synonym mit „*Rivularia minutula* Born. & Flah.“ Sie keimt aus Dauersporen, welche sich am dicken Ende der Pflanze bilden, und alle Fäden mit ihren Scheinästen bilden einen durch zähe Gallerte zu-

sammengehaltenen Thallus von halbkugeliger Form und grüner Farbe. Nach Auflösung dieses Thallus vegetieren die einzelnen Fäden auf Steinen unter dem Wasser weiter in der Form eines „Schizosiphon“ und vermehren sich durch Hormogonien. Zu den verschiedenen an gleicher Stelle gefundenen „Scytonema-Formen“, welche aus Sporen keimen und sich selbständig durch Hormogonien vermehren, hat obige Rivularia-Spezies keinerlei Beziehungen. Jede Pflanze entwickelt sich aus eigenen Vermehrungsstücken. Dagegen gehen unter gewissen Bedingungen Stücke der Rivularia in einen Nostoc-Thallus über, welchen ich Nostoc lichenoides Vauch. nannte. In weiterer Folge entwickelt sich unter Hinzutreten von Pilzhyphen aus demselben „Collema pulposum var. hydrocharum Ach.“

Um zu sehen, ob vielleicht an anderen Fundstellen Beziehungen unter benachbart lebenden Cyanophyceen bestehen, untersuchte ich eine im Bergischen wachsende Scytonema-Form (cfr. Fig. 25), welche nicht selten in Gemeinschaft mit einer „Calothrix“ lebt, deren verschiedene Formen die Fig. 15, 24, 26, 27 und 28 zeigen; aber niemals wurde ein Übergang aus der einen in die andere Art gefunden. Doch beobachtete ich, daß in einzelnen Fällen auch diese Scytonema-Spezies fähig ist, anstelle der gewöhnlichen Astbildung nach Art der Tolypothrix, einzelne echte Äste anzusetzen, wie die Fig. 25 andeutet.

Literatur.

- de Bary, A., Beitrag zur Kenntnis der Nostocaceen, insbesondere der Rivularien. (Flora 1863.)
- Bornet, Ed., Recherches sur les Gonidies des Lichens. (Ann. des Sc. nat. Ser. V. Bot. tom. 17.)
- Bornet, Ed., und Flahault, Tableau synoptique des Nostochacées filamenteuses hétérocystées. (Mem. de la Soc. Nat. des Sc. nat. de Cherbourg tom. 25.)
- Révision des Nostocacées hétérocystées. (Ann. des Sc. nat. Ser. VII. Bot. tom. 3. 4. 5. 7.)

- Borzi, A., Note alla morfologia e biologia delle alge ficocromacee. (Nuov. Giorn. Bot. Ital. vol. X. XI. XIV.)
- Deinega, V., Der gegenwärtige Zustand unserer Kenntnisse über den Zellinhalt der Phycochromaceen. (Kais. Gesell. d. Naturf. in Moskau 1889.)
- Fischer, Alfr., Die Zelle der Cyanophyceen. (Botan. Ztg. 63. Jahrg. 1905.)
- Fischer, L., Zur Kenntnis der Nostochaceen. Bern 1853.
- Fiorini-Mazzanti, E., S. indentità d. Nostoc c. Collema. Roma 1857.
- Gomont, M., Monographie des Oscillariées. (Ann. des Sc. nat. Ser. VII. Bot. tom. 15 u. 16.)
- Hornschuch, Einige Beobachtungen und Bemerkungen über die Entstehung u. Metamorphose d. niederen vegetabilischen Organismen. (Wiss. Verein Greifswald 1820.)
- Hieronymus, G., Bemerk. über einige Arten d. Gattung Stigonema. (Hedwigia 1895.)
- Hansgirg, A., Über den Polymorphismus der Algen. (Botanisches Centralblatt Bd. XXII 1885.)
- Prodrömus d. Algenflora von Böhmen, 2. Teil, die blaugrünen Algen (Cyanophyceen). Prag 1892.
- Hedwig, R. A., Tremella Nostoc. Lipsiae 1797.
- Itzigsohn, H., Skizzen zu einer Lebensgesch. d. Hapalosiphon Braunii. (Leop. Ak. vol. XXV p. I. 1853.)
- Kützing, F. T., Species algarum. Lipsiae 1849.
- Tabulae phycologicae oder Abbildungen der Tange. Bd. II. Nordhausen 1850—52.
- Kirchner, O., Algenflora von Schlesien. Breslau 1878.
- Schizophyceae. (Engler-Prantl, Pflanzenfamilien, Leipzig 1898.)
- Lyngbye, H. Chr., Tentamen Hydrophytologiae Danicae. Hafniae 1819.
- Meneghini, J., Monographia Nostochinearum. (Atti R. Accad. Sc. di Torino, Ser. II. vol. V.) Taurii 1846.
- Meyen, F. J., Beitrag z. Physiologie u. Systematik der Algen. (Leop. Ak. 1829.)
- Nägeli, C., Gattungen einzelliger Algen. (Denkschr. d. allg. schweiz. Gesellsch. f. d. gesamten Naturwiss.) Basel 1849.
- Roemer, Fr. Ad., Die Algen Deutschlands. Hannover 1845.
- Rabenhorst, L., Flora Europaea algarum aquae dulcis et submarinae Sect. II. Lipsiae 1865.
- Schwendener, S., Algentypen der Flechtengonidien. Basel 1869.
- Zur Wachstumsgeschichte der Rivularien. (Akad. d. Wissensch. Berlin 1894.)
- Schmidt, Johs., Danmarks blaagrønne Alger (Cyanophyceae Daniae). Botanisk Tidsskrift, 22. Bind.)
- Tangi, E., Zur Morphologie der Cyanophyceen. (Denkschr. d. kais. Akad. d. Wissensch. Bd. 48. Wien 1883.)

- Thuret, G., Observations sur la reproduction de quelques Nostochinées (Mem. de la Soc. imp. des sc. nat. Cherbourg 1857).
- de Toni, G. B., e Levi, D., Flora Algologica della Venezia. Parte quarta (cianoficee). Venezia 1892.
- Vaucher, J. P., Histoire des Conferves d'eau douce. Genève 1803.
- Wildeman, E. de, Flore des Algues de Belgique. Bruxelles 1896.
- Wolle, Fr., Freshwater Algae of the United States. Bethlehem 1857.
- Zacharias, E., Über die Cyanophyceen. (Naturwissenschaftl. Verein. Hamburg 1900.)
- Über die Cyanophyceen. (Jahrbch. d. wissenschaftlichen Anstalten. Hamburg 1904.)
- Über die Zellen der Cyanophyceen. (Botanische Zeitg. 1890.)

Erklärung der Tafeln.

Die Figuren wurden teils freihändig, teils mit dem Abbéschen Zeichenapparat von Leitz nach den Vergrößerungen von Seiberts Fluorit V und dessen Okularen I und II angefertigt.

Rivularia minutula Born. et Flah.

- Fig. 1. Scheinastbildungen junger, aus dem Thallus gelöster Fäden.
- Fig. 2. Aus Ruhesporen keimende Fäden und Sporen, welche im Begriff sind, Fäden auszusenden. Einzelne Fäden haben schon einen Scheinast angelegt.
- Fig. 3. Noch ruhende Sporen.
- Fig. 4. Thallus in natürlicher Größe an einem Halmchen.
- Fig. 5. Thallus in natürlicher Größe an einem Moosblättchen.
- Fig. 6. Derselbe Thallus etwas vergrößert, um die strahlenförmige Anordnung der Fäden zu zeigen.
- Fig. 7. Älterer Einzelfaden mit vom Zellfaden durch verdickte Hülle abgeschlossener Kyste. Länge der Kyste 46,8 μ , größte Breite 19,5 μ .
- Fig. 8. Eine vermutlich der in Fig. 7 gezeichneten ähnliche Kyste mit fragmentierten Keimsporen.
- Fig. 9. Ein aus dem Thallus gelöstes Fadenbündel mit teils an den oberen Enden erweiterten Scheiden (Schizosiphon-Typ). Fäden mit Scheide 10,4 μ breit, junge Fäden 5,2 μ breit. Héterokysten 9,1 μ dick.
- Fig. 10. Einzelner, aus einem Hormogonium entwickelter Faden mit angelegten Scheinästen, von denen einige Schizosiphon-Typ. Faden unten 16,3 μ breit, oben ohne Scheide 6,52 μ breit.

- Fig. 11. Besonders starker Scheinast an einen schwachen Zellfaden gelegt.
Fig. 12. Hormogonien, aus früheren Scheinästen gebildet, $10,4 \mu$ breit, vorn $12,6 \mu$.
Fig. 13. Ein besonders starker Faden, dessen Stücke sich in einzelne Rivularia-Fäden umwandeln.
Fig. 14. Stück eines Fadens mit enganliegendem Scheinast und an der Spitze aufgerissenen Scheiden, aus welchen die Zellfäden in lange Haarspitzen verlaufen.
Fig. 40. Faden, an dessen unterem Ende sich eine Dauerspore gebildet hat und dessen übrige Zellen im Absterben begriffen sind.
Fig. 41. Dauerspore mit Heterokyste.

Scytonema Miochrous Agardh.

- Fig. 16. Fadenstück mit erweiterter Scheide und rechteckigen Zellen
Fig. 17. Zwei Fadenstücke mit Zellfäden, welche die Form von Nostoc-Schnüren haben.
Fig. 18. Faden, dessen größere Hälfte vergallert ist, während das kleinere Stück zwischen zwei Grenzzellen sich in ein Hormogonium umgewandelt hat.
Fig. 19. Ausgeschlüpfte Hormogonien mit Nostoc-Typ, $5,6 \mu$ breit.
Fig. 20. Hormogonium mit Heterokysten an beiden Enden und rechteckigen Zellen.
Fig. 21. Fadenstück mit verdickter Scheide.
Fig. 22. Ausschlüpfende Hormogonien.
Fig. 23. Ausgewachsener Faden, mit Scheide $24,45 \mu$ bis $27,71 \mu$ breit, Breite der Zellen $16,13 \mu$.
Fig. 32. Faden mit einfacher Astbildung, (*Scytonema gracile* Ktz.)
Fig. 33. Hormogonium, welches bereits verstärkte Scheiden absonderte, ohne im Wachstum vorwärts gekommen zu sein, $17,93 \mu$ breit.
Fig. 34. Junger, aus Sporen hervorgegangener Faden.
Fig. 35. *a* Ruhesporen, *b* Gallerthülle der Sporen ist gelöst und Zellinhalt verlängert sich zum Faden, *c* ein aus der Hülle befreites Keimstück.
Fig. 36. Jüngeres Hormogonium, anscheinend im Wachstum behindert.

Scytonema figuratum Agardh.

- Fig. 42. Hauptfaden mit Verzweigung, neben und mit *Sc. Miochrous* vermischt, Breite mit Scheide $16,30 \mu$, Zweige $13,04 \mu$ breit.

Sirosiphon pulvinatus Ktz.

- Fig. 29. Ausgebildetes Fadenstück mit Hormogonien bei *a* und Heterokysten bei *b*.
Fig. 30. Junge Pflanze mit Heterokysten und einem Hormogonium.

Tolypothrix tenuis Ktz.

- Fig. 31. Ausgewachsene Pflanze mit länglichen Heterokysten. Faden mit Scheide $7,8 \mu$, Zweige $5,2 \mu$ breit. Zellen $6,5 \mu$ lang und $5,2 \mu$ breit.

Nostoc lichenoides Vauch.

- Fig. 37. Schematisierte Gruppe von Rivularia-Fäden, deren Zellen sich in Nostoc-Schnüre umwandeln.
- Fig. 38. Zellen aus Rivularia-Fäden, welche in Chroococcus-Formen übergingen und mit Hyphen durchzogen wurden. Hyphen $1,3 \mu$ breit, mit leuchtenden grünen Körnern.
- Fig. 39. Stück aus dem Thallus von Nostoc lichenoides, welches aus der Auflösung der Rivularia-Fäden in Fig. 37 hervorging.

Collema pulposum var. hydrocharum Ach.

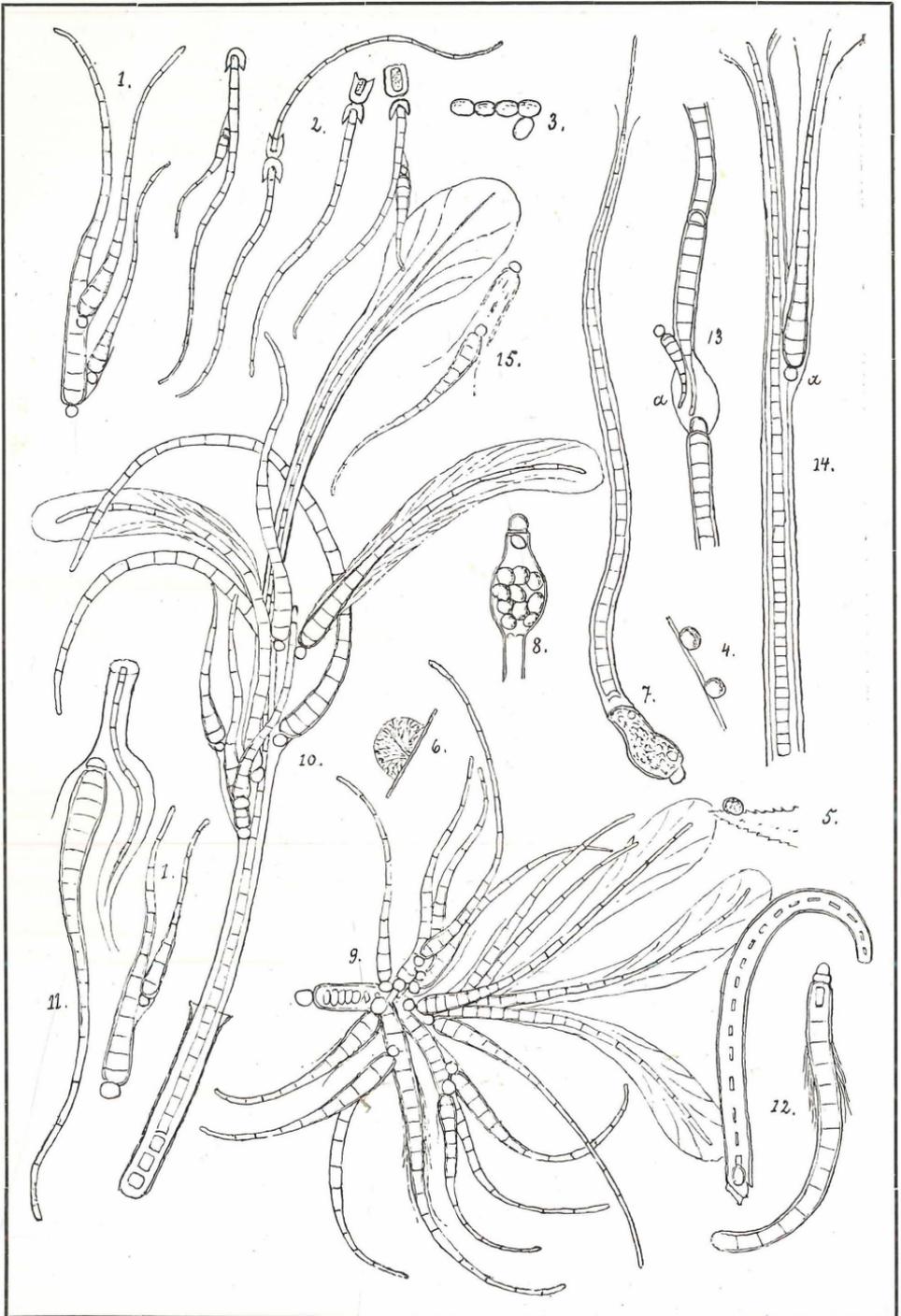
- Fig. 43. Verkleinertes Stück des äußeren Thallus.

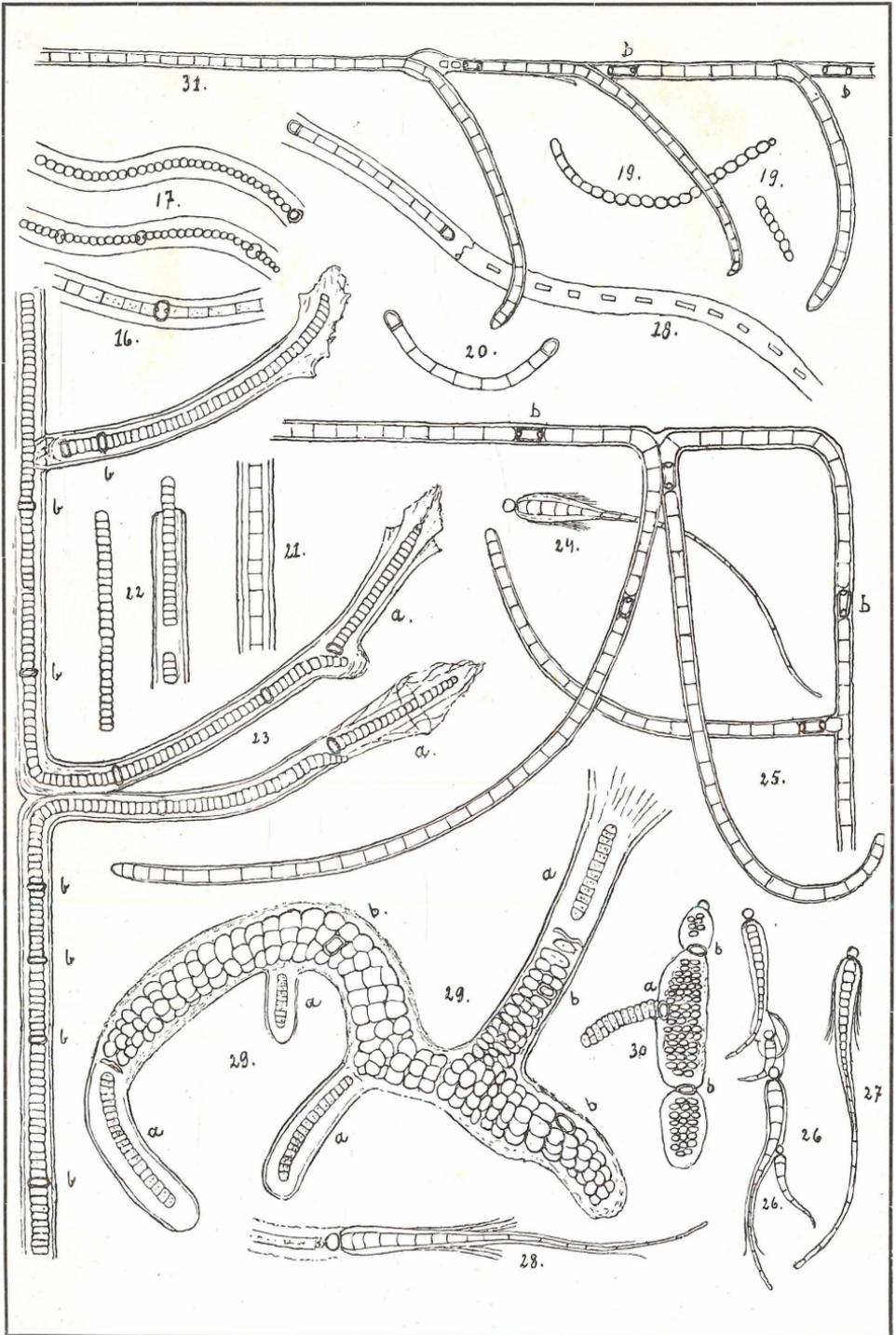
Calothrix rupestris (Rabh.) Roy.

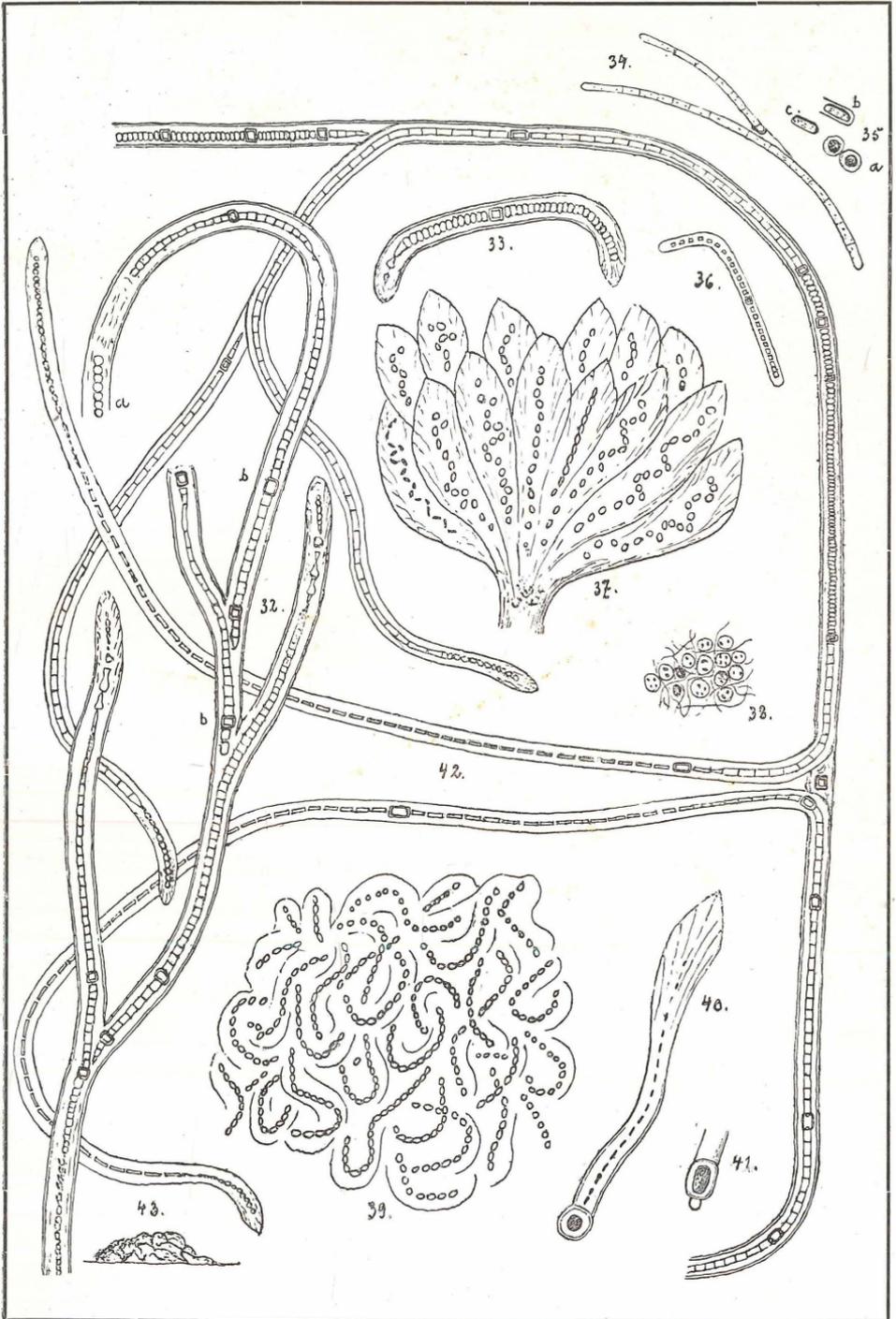
- Fig. 15. Normaler Faden, welcher von einer Zelle des mittleren Zellfadens weiterwuchs, nachdem sich eine Grenzzelle gebildet hatte, während das vordere Stück verfiel.
- Fig. 24. Derselbe Faden in gedrungener Form mit kräftiger Scheide und langer Haarspitze. Größte Breite $11,41 \mu$.
- Fig. 26. Ein durch Bildung von Scheinästen sich vermehrender Faden.
- Fig. 27. Ein gleicher Faden in gestreckter Form.
- Fig. 28. Am Ende eines kräftigen Fadenstückes bildete sich ein neuer Faden.

Scytonema chrysochlorum Ktz.

- Fig. 25. Normaler Faden, dessen Verzweigung einen wirklichen Ast zeigt, wie Fig. 23. Zellen $9,78 \mu$ breit und $8,15-14,67 \mu$ lang.
-







ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahresberichte des Naturwissenschaftlichen Vereins in Elbersfeld](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Royers H.

Artikel/Article: [1. Zum Polymorphismus der Cyanophyceen 3-40](#)