

mit der anderen Wurzel von dem *N. cutaneus anterior externus* entstanden war, seine *Rami dorsales* erhalten.

Es hatte somit jeder Fall seine Besonderheiten, kein Fall glich dem anderen. Der supernumeräre Daumen hätte im 1., 3. und namentlich 4. Falle ohne Nachtheil für die Hand entfernt werden können; im 2. Falle aber, in dem derselbe mit dem normalen Daumen in einer gemeinschaftlichen Kapsel am Capitulum des Metacarpale I. articulirte, wäre seine Exarticulation wohl contraindicirt gewesen.

Erklärung der Abbildung.

Volarseite des unteren Unterarmendes und der Hand der linken Seite.

- a. *Musculus flexor brevis pollicis supernumerarii.*
- b. *M. abductor brevis pollicis normalis.*
- c. Zipfel der Sehne des *Flexor longus pollicum* zum supernumerären Daumen.
- d. Commissur zwischen der Sehne des *M. f. br. poll. supern.* und dem Zipfel der Sehne des *M. f. l. pollicum* zum supernumerären Daumen.
- e. Supernumeräre in der Gegend der Dose des Carpus von der *A. radialis* abgegangene Arterie.
 - α. *A. dorsalis pollicum.*
 - β. *A. volaris pollicis supernumerarii.*
 - γ. *A. vol. radialis pollicis normalis.*
- f. *Nervus digitalis volaris pollicis supernumerarii* aus dem *N. medianus.*

Die anorganischen Salze als ausgezeichnetes Hilfsmittel zum Studium der Entwicklung niederer chlorophyllhaltiger Organismen.
 Von Prof. A. Famintzin. (Lu le 21 septembre 1871.)

(Mit 3 Tafeln.)

Unter allen in der letzten Zeit erschienenen, ins Gebiet der Biologie sowohl der Pflanzen als Thiere gehörenden Arbeiten sind wohl die Untersuchungen Darwin's die hervorragendsten. Seine Theorie der Entstehung der Arten ist gegenwärtig von den höchsten wissenschaftlichen Autoritäten anerkannt und durch eine Masse von Schriftstellern popularisirt worden. Das höch-

ste Verdienst Darwin's besteht meiner Ansicht nach darin, dass er eine ausserordentliche Menge von Beobachtungen über die Veränderlichkeit der domesticirten Thiere und Pflanzen, welche von den Vieh- und Pflanzenzüchtern gemacht worden sind, zusammengestellt und, sich auf dieses ausserordentlich reichhaltige Material stützend, die Plasticität sowohl der Pflanzen als Thierformen bewiesen hat.

Ich beabsichtige hier nicht die ganze Theorie Darwin's, sondern nur die Schlüsse, welche er aus ihr zur Erklärung der Entstehung höherer Pflanzen- und Thierformen aus den niederen zieht, zu berücksichtigen. Diese complicirte und lange Reihe der Metamorphosen soll nach Darwin durch den Kampf ums Dasein und die natürliche Zuchtwahl bedingt sein. Die Pflanzen und Thiere sind, in geometrischer Progression an Zahl zunehmend, gezwungen einen heftigen Kampf mit ihren Nebenbuhlern auszustehen, und es wird dadurch nur den am meisten ihrer Umgebung angepassten Formen möglich ihren Entwicklungszyclus zu vollenden und durch die Erzeugung einer Nachkommenschaft die Existenz ihrer Speciesform zu sichern. Die Individuen einer und derselben Species sind, nach Darwin, niemals einander völlig gleich, indem sie sowohl in der Form als auch in der Struktur eine Menge von individuellen Abweichungen zeigen, die anfänglich höchst unbedeutend unter dem Einfluss der natürlichen Zuchtwahl zu sehr wesentlichen und auffallenden Verschiedenheiten sich heranbilden können, wenn sie nur eine Vervollkommnung in der Anpassung des Individuums an die äusseren Verhältnisse mit sich bringen. Unter dem Einflusse dieser Wirkung, sagt Darwin, geht die Vervollkommnung der Organisation vor sich, und es werden höhere Formen aus den niederen gebildet. Die am höchsten entwickelten Formen sind nach Darwin auch die am besten angepassten und sind als Erzeugungen der natürlichen Zuchtwahl zu betrachten. Die Pflanzen und Thiere hören auf nach einer höheren Organisation zu streben und behalten nur den von ihnen schon erlangten Grad der Vervollkommnung, wenn das weitere Differenziren ihres Organismus keine nützliche Anpassung an die äusseren Verhältnisse in sich birgt. Dadurch erklärt Darwin, dass sich auch die einfachsten Formen bis auf jetzt erhalten haben. Ohne den Kampf ums Dasein giebt es nach Darwin auch

keinen Grund für die weitere Vervollkommnung der Organismen¹⁾.

Man muss aber gestehen, dass diese Ansichten gegenwärtig noch nicht als vollkommen begründet angesehen werden können und mehrere gewichtige Einwendungen zulassen. Sie wurden noch nicht, für die pflanzlichen Organismen wenigstens, durch Beobachtungen unterstützt. Im Gegentheil wollte man, auf die bis jetzt über die einfachsten Formen gemachten Untersuchungen sich gründend, ein Urtheil über diesen Gegenstand bilden, so würde man zu einem entgegengesetzten Schlusse gelangen. In keiner der neueren Arbeiten über die einfachsten Organismen lässt sich etwas auffinden, was auf eine Umwandlung niederer Pflanzenformen in höhere hingedeutet hätte. Bis jetzt ist es im Gegentheil auch für die einfachsten Organismen gelungen, nur einen bestimmten *Cyclus* der Metamorphosen zu entdecken, den die Form unaufhörlich durchläuft, ohne über ihn je hinauskommen zu können, so dass, von welchem Stadium der Entwicklung die Untersuchung auch beginnen mag, man wieder nach einer Reihe von Metamorphosen denjenigen Zustand zu beobachten bekommt, von dem man ausgegangen war. Diesen Untersuchungen zu Folge kommt also auch einer jeden einfachen Pflanzenform ein ebenso bestimmter und unveränderlicher *Cyclus* von Metamorphosen, wie den phanerogamen Pflanzen zu. Die Ansichten von Kützing, Itzigson und Anderen, welche das Gegentheil behaupten, werden dagegen gegenwärtig von den besten Autoritäten für falsch erklärt.

Aus diesem kurzen Umriss der erhaltenen Resultate ist es einleuchtend, dass es bis jetzt nicht nur nicht gelungen ist, den Kampf ums Dasein als eine Ursache der allmählichen Vervollkommnung der Organismen völlig unzweifelhaft hinzustellen, sondern dass sogar die Umwandlung niederer Pflanzenformen in höhere noch nie sicher beobachtet worden ist.

Nichtsdestoweniger kann der Mangel an Übereinstimmung der erhaltenen Resultate mit den theoretischen Folgerungen Darwin's in keinem Falle als Beweis für deren Unrichtigkeit angesehen werden, denn die Untersuchungsmethoden der Entwicklung niede-

rer Pflanzenformen sind noch äusserst mangelhaft und der Vervollkommnung höchst bedürftig. Die Vervollkommnung der Methode der Untersuchung, insbesondere in Bezug auf die Algen, habe ich mir als eines der hauptsächlichsten Ziele gegenwärtiger Arbeit hingestellt. Vor Allem habe ich mich bemüht, eine feuchte Kammer einzurichten; mit deren Hülfe es mir möglich wäre, eine ganze Reihe von Beobachtungen an einem und demselben Individuum oder einer und derselben Zelle auszuführen. Ferner habe ich den Wassertropfen durch eine Lösung anorganischer Salze, von bestimmter Concentration und Zusammensetzung zu ersetzen gesucht, indem ich dadurch eine kräftigere und raschere Entwicklung der zubeobachtenden Pflanzen zu erzielen hoffte. Die von Knop, Stohmann und Anderen an Phanerogamen in den Lösungen anorganischer Salze angestellten Kulturen, besonders aber die Arbeiten von Pasteur und Rolin an den niederen Pilzformen bestärkten mich in dieser Ansicht. Die erhaltenen Resultate haben meine Hoffnungen vollkommen bestätigt.

Diese Methode ist meiner Ansicht nach noch deshalb von grossem Interesse, weil sie es ermöglicht, durch genau ausgeführte Versuche die Darwin'schen Ansichten zu prüfen. Mit Hülfe dieser Methode ist es mir schon gelungen, bei einigen der niedersten Algen Abänderungen zu entdecken, welche den an Phanerogamen beobachteten vollkommen gleichen, indem einige von ihnen durch die äusseren Ursachen bedingt gleichzeitig in allen Individuen zu Stande kamen, andere dagegen nur an einigen wenigen Exemplaren sich zeigten und deshalb als individuelle Verschiedenheiten aufgefasst werden mussten. Diese bis jetzt noch von Niemandem beobachteten Abänderungen werden wohl allen Anhängern der Lehre von der Umwandlung niederer Formen in höhere sehr willkommen sein, möge man der Ansicht Lamarck's, welcher die Ursache der Vervollkommnung als dem Organismus innewohnend annimmt, den Vorzug geben, oder der Darwin'schen Theorie sich anschliessend, den Kampf ums Dasein als alleinige Ursache der Vervollkommnung betrachten. Es wird endlich auf diese Weise möglich sein, mittelst der gewöhnlich bei physiologischen Untersuchungen gebrauchten Methode der vergleichenden Versuche zu erforschen, in welchem Grade die Vervollkommnung der Organisation durch den Kampf ums Dasein bedingt wird. In derselben

1) Darwin. De l'origine des espèces, 2^me édition augmentée d'après les notes de l'auteur. 1866. Siehe 2. Capitel: Du progrès organique (p. 144) und persistance des formes inférieures (p. 147).

Weise, wie bei der Untersuchung der Wirkung irgend eines äusseren Faktors, z. B. des Lichtes, der Wärme oder sogar irgend eines Bodenbestandtheiles vergleichende Versuche angestellt werden, in denen die zu untersuchenden Organismen unter möglichst gleichen Verhältnissen, den einzigen Faktor, dessen Wirkung man erforschen will, ausgenommen, gebracht werden, so muss auch im vorliegenden Falle die Entwicklung der einander möglichst ähnlichen Individuen verglichen werden, von denen einige dem Kampfe ums Dasein ausgesetzt, die anderen dagegen gegen ihn geschützt wären. Die letzte Bedingung lässt sich leicht ausführen, wenn nur dafür gesorgt wird, dass die zu beobachtenden Organismen reichlich ernährt werden und eine genügende Quantität Licht und Wärme bekommen, um durch einander ganz unbehindert eine möglichst üppige Entwicklung erlangen zu können. Die Beobachtung wird also in diesem Falle entscheiden, ob eine Vervollkommnung der Form auch ohne den Kampf ums Dasein zu Stande gebracht werden kann oder aber, der Ansicht Darwin's gemäss, die weitere Vervollkommnung dabei ausbleiben wird.

Ich habe die feuchte Kammer aus Glas und Kautschuk construirt. Auf ein Objektgläschen wird ein viereckiges Kautschukstück von 1 bis 2 mil. Dicke, mit einer kreisrunden Öffnung in der Mitte versehen, befestigt. Damit es fest an der Glasplatte hafte, ist es vorthellhaft, vorläufig über der Flamme einer Kerze oder Spirituslampe sowohl das Objektglas als das Kautschukstück zu erwärmen. Ein auf diese Art behandeltes Stück Kautschuk haftet am Glase ausserordentlich fest. Über dasselbe wird ein Deckgläschen mit dem an der unteren Fläche hängenden Tropfen Flüssigkeit, in der das zu untersuchende Object sich befindet, gelegt. Der in der auf diese Weise hergestellten feuchten Kammer sich befindende Tropfen wird nur kaum merkbar durch Verdunsten vermindert, da der kleine Raum sehr bald mit Wasserdünsten gesättigt wird. Die so hergestellten Präparate wurden ausserdem beständig unter einer Glasglocke in einer feuchten Atmosphäre cultivirt und nur von Zeit zu Zeit auf wenige Augenblicke für die mikroskopische Untersuchung herausgenommen. In einigen Fällen hatte es sich als nützlich erwiesen, noch einen kleinen Tropfen Wasser in die feuchte Kammer auf die Objektplatte zu schaffen, oder aber in den

capillären Raum zwischen dem Kautschuk und dem Deckgläschen einzuführen. Mit Hülfe dieser Anpassungen ist es mir gelungen, nicht nur die rasche Verdunstung zu verhindern, sondern auch, wenn der Tropfen kein Wasser, sondern eine Lösung verschiedener Salze war, seine Concentration in ziemlich engen Grenzen constant zu erhalten, wenigstens bis zu dem Grade, welcher mir zum Erlangen der mir vorliegenden Ziele vollkommen genügte. In den meisten Fällen wurde der Tropfen, wenn er aus einer Salzlösung bestand, täglich oder höchstens nach 2 bis 3 Tagen gewechselt, und auf diese Weise wurde die gewünschte Concentration immer wieder genau hergestellt.

Es ist dabei aber nothwendig, noch folgende Umstände nicht ausser Acht zu lassen. Bei klarem Wetter bleibt der Tropfen eine viel kürzere Zeit erhalten als bei trübem, besonders wenn das Präparat dem Sonnenlichte direkt ausgesetzt wird. Im letzteren Falle können ganz verschiedene Veränderungen in dem Volumen des Tropfens vorkommen, je nachdem ein Tropfen auf die Objektplatte in die feuchte Kammer eingeführt wurde oder nicht. Bei Abwesenheit dieses Tropfens wird das Volumen des beobachteten Tropfens rasch abnehmen; wenn dagegen auf dem Grunde der feuchten Kammer ein zweiter Tropfen sich befindet, so wird das Volumen des oberen Tropfens ganz unvermindert bleiben, oder sogar zunehmen. Die auf das Präparat fallenden Sonnenstrahlen erwärmen bei ihrem Durchgange das Deckgläschen mit dem daran hängenden Tropfen viel weniger als die verhältnissmässig viel dickere Objektplatte und den ihr aufliegenden Tropfen. Das vom unteren Tropfen verdunstende Wasser schlägt sich in denjenigen Theilen der feuchten Kammer nieder, die weniger der Erwärmung ausgesetzt sind, also auch auf der unteren Fläche des Deckgläschens. Dadurch bekommt der obere Tropfen einen Zuwachs des Volumens, welcher nicht nur den Verlust völlig deckt, sondern sogar einige Male ein Grösserwerden des Tropfens bedingt. Folgende Beobachtung mag zur Versinnlichung des Gesagten dienen. An einem klaren Sonnentage stellte ich einen meiner Apparate ins direkte Sonnenlicht. Die feuchte Kammer wurde mit 2 Tropfen versorgt, von denen der untere dem Objektglase auflag, der obere an der unteren Fläche des Deckgläschens befestigt war und mehrere Algen enthielt. Die Erwärmung und die Beleuchtung

waren so intensiv, dass die Algen nach kurzer Zeit schon abstarben und vollkommen entfärbt wurden. Dem ungeachtet verminderte der obere Tropfen sein Volumen nicht, während der untere Tropfen an Grösse rasch abnahm; als er fast völlig verdunstet war, fügte ich einen zweiten Tropfen an dessen Stelle und verfuhr auf diese Weise während des Experiments, welches mehrere Stunden dauerte, noch 4 bis 5 Mal. Der obere Tropfen behielt aber während der ganzen Zeit sein früheres Volumen bei. Aus dem Gesagten lässt sich mit Leichtigkeit ersehen, wie wichtig es ist, diese Umstände zu berücksichtigen, wenn die Kultur der Algen in Tropfen von Salzlösungen von bestimmter Concentration und Zusammensetzung ausgeführt werden soll.

Alle meine Experimente habe ich daher an einem nach Nord-Osten gekehrten Fenster ausgeführt, welches von der Sonne nur bis 9 Uhr Morgens beleuchtet wurde. An sonnigen Tagen habe ich ausserdem meine Kulturen vor der Sonne durch einen weissen Vorhang geschützt, der aber sogleich, nachdem die Sonne das Fenster verlassen hatte, weggenommen wurde. Die Kulturen habe ich meistens täglich untersucht. Ich richtete mein Augenmerk hauptsächlich auf einige wenige Zellen, die ich mir mit den ihnen angrenzenden Gegenständen abzeichnete und ihre gegenseitige Lage genau notirte. In den meisten Fällen wurde es mir dadurch möglich, mehrere Tage hinter einander dieselben Zellen zu beobachten und also die Entwicklung der durch die Kultur hervorgerufenen Veränderungen an einem und demselben Individuum zu verfolgen.

In der so eingerichteten feuchten Kammer ersetzte ich nun das Wasser, in dem die Algen sich befanden, durch einen Tropfen Salzlösung, welche nach der Vorschrift von Knop²⁾ zubereitet wurde. Die Salzmischung war in folgender Weise zusammengesetzt; sie enthielt

- auf 4 Theile von salpetersaurem Kalk
- 1 Theil von salpetersaurem Kali,
- 1 » » saurem phosphorsaurem Kali,
- 1 » » krystallisirter schwefelsaurer Magnesia.

Von einem jeden dieser Salze wurde vorher eine

Lösung von bestimmter Concentration hergestellt, und dann wurden sie alle dem Volumen nach zusammengemischt; dieser Mischung wurde ausserdem noch immer eine gewisse Menge phosphorsauren Eisens in unlöslicher Form als Niederschlag hinzugefügt.

Die Wirkung dieser auf die oben beschriebene Weise hergestellten Salzlösung auf verschiedene Algen hat sich, wie es auch im Voraus zu erwarten war, äusserst verschieden erwiesen. Es entwickelte sich z. B. die *Spirogyra* und der *Pleurococcus* darin nicht weiter fort; dagegen kamen *Oedogonium*, *Mougeotia*, *Stygoeclo-nium* recht gut fort; besonders üppig erwies sich aber darin die Entwicklung zweier nicht näher bestimmter Arten der *Conferva*, einer *Vaucheria*, *Protococcus viridis* Ag. und *Chlorococcum infusionum* Menegh.

Ich habe zu meinen Untersuchungen Lösungen von sehr verschiedener Concentration gebraucht; nämlich von $\frac{1}{10}$ %, $\frac{1}{2}$ %, 1 %, 2 %, 3 % und 5 %.

Es hat sich dabei erwiesen, dass die Algen eine viel stärkere Concentration als die phanerogamen Pflanzen vertragen können. Für letztere ist die $\frac{1}{2}$ %-Lösung als die Grenze der Concentration, bei der noch auf eine üppige Entwicklung der Pflanze in den Salzlösungen gerechnet werden kann, zu betrachten, während die von mir untersuchten Algen auch in einer 3 %-Lösung vortrefflich fort kamen. Sie erwiesen sich sogar als völlig gesund nach einem mehrtägigen Verweilen in der 5 %-Lösung, ob sie sich aber darin weiter entwickelten, kann ich noch nicht angeben. Dieses im ersten Augenblicke so sonderbar klingende Resultat verliert aber bei eingehenderer Betrachtung dieses Verhältnisses der Algen nicht nur alles Befremdende, sondern bietet vielmehr wichtige Analogien mit den übrigen die Ernährung der übrigen Pflanzen betreffenden Resultaten dar. Es ist mir erstens schon vor mehreren Jahren gelungen, in äusserst concentrirten Salzlösungen lebende *Euglena viridis* und *Chlamidomonas pulvisculus* zu beobachten³⁾. Das in der Pfütze enthaltene Wasser, in dem ich diese Organismen beobachtete, war in einem so hohen Grade mit Salzen geschwängert, dass es genügte, es in einer unbedeckten Untertasse dem direkten Sonnenlichte auszusetzen, um, in ganz kurzer Zeit, die Entstehung einer dicken Krystallkruste auf der ganzen Oberfläche der

2) Knop, Kreislauf des Stoffes, p. 836.

3) Famintzin. Die Wirkung des Lichtes auf die Bewegung der Chlamidomonas... Mém. Biol., T. VI, 1866, p. 75.

Flüssigkeit hervorzurufen. Zweitens offenbarte sich darin eine völlige Analogie der Süßwasser- und der Meeres-Algen, die auch, in den grossen Meeren wenigstens, einer Concentration von circa $3\frac{1}{2}\%$ ausgesetzt sind. Drittens endlich verschwindet sogar das in Bezug auf die Phanerogamen anscheinend widersprechende Resultat, wenn man das Verhalten der Algen zu den Salzlösungen nicht mit dem der ganzen phanerogamen Pflanze, sondern nur mit demjenigen Theile vergleicht, welcher den Algen analog ist, namentlich mit dem chlorophyllhaltigen Gewebe ihrer oberirdischen Theile. Nicht selten kann man während der Wasserkultur der phanerogamen Pflanzen beobachten, dass in Folge starker Transpiration die den Wurzeln in Lösungen dargebotenen Salze in den Blättern bis zu einem solchen Grade sich concentriren, dass sie auf der Oberfläche eine weisse, aus ganz kleinen Krystallen bestehende Masse bilden, welche Erscheinung man mit dem Namen der Efflorescenz bezeichnet. Dessen ungeachtet bleiben die Blätter völlig gesund und sind also wie die Algen im Stande, hohe Concentrationen zu ertragen. Als einzige unumgängliche Bedingung, um ganz sicher eine kräftige Entwicklung der Algen in concentrirten Lösungen zu erlangen, hat sich die allmähliche Steigerung der Concentration der Lösung erwiesen. Keine von allen von mir untersuchten Algen war im Stande, eine 3% Concentration zu ertragen, wenn sie aus dem Wasser sofort in diese Lösung gebracht wurde. In den meisten Fällen zog sich der ganze Inhalt, von der Membran sich trennend, zusammen; sehr selten blieben die Zellen eine Zeit lang unverändert, worauf sie aber sicher alle abstarben. Im Gegentheil genügte es in einigen Fällen, die Alge während 24 Stunden in einem Tropfen $\frac{1}{2}\%$ Lösung liegen zu lassen, um sie zu befähigen, in der 3% Lösung nicht nur am Leben zu bleiben, sondern sich kräftig weiter zu entwickeln. Diese Beobachtungen beziehen sich hauptsächlich auf *Protococcus viridis* und *Chlorococcum infusionum*. In wie weit die anderen Algen in der 3% Lösung fortkommen können, kann ich nicht mit Sicherheit angeben. Höchst merkwürdig ist es, dass die Fähigkeit, verhältnissmässig hohe Concentrationen der Salze zu ertragen, nicht nur den Algen allein, sondern auch den höheren Kryptogamen, wenigstens während der Periode der Entwicklung, wo sie nur aus Chlorophyllhaltigem Ge-

webe bestehen, zukommt, namentlich dem Vorkeime der Moose und dem Prothallium der Farrnkräuter. Sie können auch eine 5% Lösung ertragen, wenn man nur die Concentration ganz allmählich steigen lässt.

In der Wahl des zu untersuchenden Objects liess ich mich durch die Wirkung der von mir zubereiteten Salzlösungen lenken, indem ich in eine $\frac{1}{2}\%$ Lösung verschiedene Algen hineinbrachte und deren Entwicklung darin beobachtete. Die sich am üppigsten entwickelnden Formen habe ich hauptsächlich zum Gegenstand meiner Untersuchung gewählt. Die meisten Beobachtungen beziehen sich auf die beiden oben genannten, zu der Familie der Protococcaceen gehörenden Formen: *Chlorococcum infusionum* Menegh. und *Protococcus viridis* Ag.

Das Wenige, was wir über diese Organismen kennen, ist bei Nägeli⁴⁾ und Rabenhorst⁵⁾ zu lesen. Über *Chlorococcum*, welches bei Nägeli in dem Werke über einzellige Algen als *Cystococcus* beschrieben ist, sagt er Folgendes: «Zellen der Übergangsgenerationen kugelig, einzeln und frei liegend mit dünnen Wandungen, vermittelt Theilungen in allen Richtungen des Raumes, durch eine transitorische Generationsreihe, in eine Brutfamilie übergehend, deren Zellen frei werden, indem die Membran der Urmutterzelle entweder platzt oder aufgelöst wird». Dann wird als Typus der Familie *Cystococcus humicola* beschrieben und unter Anderem bemerkt, dass «die einen dieser Formen schwärmen». Bei Rabenhorst wird derselbe Organismus als *Chlorococcum* auf folgende Weise beschrieben: Cellulae sphaeroideae, singulae, liberae, vesicula chlorophyllosa et locello laterali pallidiori cavo? instructae, limbo hyalino et tegumentis saepe amplissimis cinctae aut plures in stratum vel acervulas cumulatae. Propagatio fit gonidiis cytoplasmatis divisione succedanea et ultima generationis serie transitoria artis et cytiodermatis abaviae (intellige tegumentum externum) rupturis excedentibus et examinantibus. Weiter wird *Chlorococcum infusionum* Menegh. als: *Chlorococcum aquaticum, viride mucosum; cellulis perfecte globosis, magnitudine admodum variis: cytiodermate hyalino distincto crasso, concentricè striato (lamelloso); cytoplasmate saturate viridi, homoganeo,*

4) Nägeli. Die neueren Algensysteme. 1847, p. 153. — Nägeli. Gattungen einzelliger Algen. 1849, p. 84.

5) Rabenhorst. Flora Europaea Algarum. Sect. III, p. 56.

denique olivaceo fuscescente, in gonidia numerosissima elabente beschrieben. Alle von Nägeli und Rabenhorst aufgezählten Merkmale passen auf den von mir als *Chlorococcum infusionum* beschriebenen Organismus, mit Ausnahme der dicken, mehrschichtigen Membran; an allen von mir beobachteten Formen hat die Membran nie eine beträchtliche Dicke erreicht. Nichtsdestoweniger will ich diese Form als *Chlorococcum infusionum* bezeichnen, da sie am meisten mit dieser Alge in ihren übrigen Charakteren übereinstimmt.

Protococcus viridis wird von Nägeli gar nicht näher beschrieben, sondern seiner hauptsächlichsten Charaktere nur in der Charakteristik der Familie der Protococcaceen gedacht. Die Protococcaceen, sagt Nägeli, sind «Zellen ohne Spitzenwachsthum, ohne Astbildung und ohne vegetative Zellenbildung, sie pflanzen sich durch freie Zellenbildung in mehrere einzellige Individuen fort. Die Protococcaceen stimmen in ihren vegetativen Verhältnissen mit den Palmellaeeen vollkommen überein.» «Nur entstehen die Tochterzellen auf eine andere Art.» «Sie bilden sich bei den Protococcaceen in unbestimmter Zahl frei im Zelleninhalte aus kleinen Partien dieses Zelleninhaltes: sie haben eine kugelige Gestalt.» «Die Tochterzellen verweilen noch einige Zeit innerhalb der Mutterzelle und ernähren sich von ihrem Inhalte. Dann wird diese aufgelöst, und die Tochterindividuen werden frei.» Von der Zoosporenbildung des *Protococcus* wird nichts erwähnt. *Protococcus viridis* wurde ferner von Al. Braun⁶⁾ untersucht. Seine einzellige Natur besprechend, drückt er sich folgender Weise aus: «Nach der Beschreibung, welche Nägeli von seiner Familie der Protococcaceen giebt, könnte man *Protococcus* für den Repräsentanten dieser Stufe halten, eine Gattung, deren Individuen kugelförmige Zellen sind, die nach Beendigung ihres vegetativen Wachsthums in ihrem Inhalte freie, gleichfalls kugelige Keimzellen erzeugen. Es ist mir jedoch zweifelhaft, ob streng genommen ein solches nach allen Seiten hin völlig gleichgültiges Verhalten der Zellen vorkommt. Wenn *Protococcus*, wie es wahrscheinlich ist, bewegliche schwärmende Keimzellen besitzt, so zeigen sich die Zellen ohne Zweifel im Stadium der Bewegung nach einer Hauptaxe verlängert und mit zwei verschiedenartigen Enden

versehen, von denen das eine die Flimmerfäden trägt, während nach dem anderen der gefärbte Inhalt der Zelle sich sammelt.»

Ferner wird von Braun auf Seite 133 der Beziehung zwischen *Cystococcus* und *Protococcus* erwähnt, welche den Beobachtungen von Nägeli entnommen ist. Bei der ersten Gattung sollen nach Nägeli durch succedane, bei der zweiten durch simultane Theilung neue Zellen (Sporen) gebildet werden.

Endlich wird auf S. 229 der braun-röthlichen Farbe, welche die obersten, dem Austrocknen am meisten ausgesetzten Zellen der an Mauern wachsenden Krusten von *Protococcus viridis* erhalten, erwähnt.

Bei Rabenhorst findet man folgende Beschreibung, in welcher von Zoosporenbildung bei *Protococcus* als von etwas schon Bekanntem gesprochen wird: *Protococcus* Ag. Cellulae sphaeroideae, segregatae, cytiodermate tenui, hyalino, absque tegumentis, libere natantes vel extra aquam in stratum tenue pulvereum cumulatae. Cytioplasma initio homogenum, denique granulosum, viride vel rubellum. Gonidiorum generationes transitoriae nullae. Propagatio fit gonidiis mobilibus. Und weiter: *Protococcus viridis* Ag. P. cellulis minimis, segregatis, in stratum late expansum luteo-virens, aut pulvereum aut (coelo pluvio) humidumucosum cumulatis. In diesem Auszuge ist Alles enthalten, was bis jetzt über die oben erwähnten Protococcaceen-Organismen bekannt ist, nur die Angaben Kützing's⁷⁾ ausgenommen, welche ich umständlich im zweiten Theile meiner Arbeit besprechen werde.

Diese beiden Organismen fand ich auf der feuchten Erde, auf welcher ich eine *Vaucheria*, die den ganzen Winter über im Aquarium zugebracht hatte, kultivirte. Sie entwickelten sich auf der Erde ausserordentlich kräftig. Diese der Form nach ähnlichen Organismen können leicht und sicher nach dem Bau ihres Zelleninhaltes unterschieden werden. Ich will hier daher kurz eine genaue Schilderung ihrer specifischen Charaktere folgen lassen. *Chlorococcum infusionum* (Taf. 1, Fig. 1) wird sowohl durch eine ununterbrochene, nie in einzelne Chlorophyllkörner zerfallende Chlorophyllschicht, als auch durch die Anwesenheit des grün gefärbten Bläschens und der Vakuole charakterisirt.

7) Kützing. Die Umwandlung niederer Algen in höhere. (In den Naturkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Harlem. 1. Deel. 1841.)

6) Al. Braun. Verjüngung, p. 133, 145, 226, 229.

Ob diese Vakuole eine immer seitlich gelegene ist, wie es Nägeli für *Cystococcus humicola* angiebt, kann ich nicht für gewiss behaupten; im Gegentheil schien es mir, dass sie central gelegen und nichts anderes als der, von der bei *Chlorococcum* äusserst dicken peripherischen Plasmaschicht frei gelassene, in Vergleich mit dem ganzen Lumen der Zelle unansehnliche, von Zellensaft erfüllte Raum sei. In einigen Fällen habe ich in der That gesehen, dass ein Theil der Zellenwand von grünem Wandbelege frei bleibt (Taf. 1, Fig. 9), konnte aber in diesen Fällen nie die Vakuole als etwas von dem centralen farblosen mit Zellensaft erfüllten Zellenlumen Gesondertes unterscheiden. Bei *Protococcus viridis* dagegen ist das peripherische Plasma als eine dünne Schicht vorhanden, in der man immer deutlich gesonderte Chlorophyllkörner beobachten kann (Fig. 36, 47, 48, 49, 51). Es fehlt dagegen immer das für *Chlorococcum infusionum* als bezeichnend geltende grüne Bläschen.

In meine feuchte Kammer auf das Deckgläschen gebracht, lösen sich die beiden Organismen in Zoosporen auf (Fig. 4, 38); die ausgeschwärmten Zoosporen begeben sich nach einiger Zeit zur Ruhe und verwandeln sich, an Grösse stark zunehmend (Fig. 5, 6, 7, 39), in Zoosporangien, die sich aber von den früheren durch ihre viel geringeren Dimensionen und eine blass-grüne Farbe unterscheiden (Fig. 8). Diese Zoosporangien werden auch von ihren Zoosporen entleert, aber die letzteren hören bald, nachdem sie zur Ruhe gekommen sind, auf, zu wachsen und entwickeln sich nicht weiter. Sie können in diesem Zustande noch wochenlang verweilen und gehen endlich doch zu Grunde. Es genügt aber nur, das Wasser durch einen Tropfen $\frac{1}{2}$ - $\%$ Salzlösung zu ersetzen, um sie wieder rasch ins Leben zu rufen. Am folgenden Tage schon nehmen sie ihre frühere schöne grüne Farbe an und wachsen zu Zoosporangien heran (Fig. 1, 2, 3), die so lange unausgesetzt Zoosporen und wieder Zoosporangien und so fort erzeugen, bis der Tropfen sie noch mit Nahrung versorgen kann.

Diese beiden, in dem unbeweglichen Zustande so leicht charakterisierbaren Organismen bieten im Zustande der sich bewegenden Zoosporen aber so viel Ähnlichkeit dar, dass sie nicht von einander zu unterscheiden sind. Ihre Zoosporen sind von einerlei Grösse und gewöhnlich stark in die Länge gezogen (Fig. 3, 4,

37); eine jede von ihnen ist am vorderen farblosen Ende mit zwei Cilien versehen. Aber schon beim Übergange in den unbeweglichen Zustand bieten sie sogleich Unterscheidungsmerkmale dar. Die Zoospore von *Protococcus viridis* rundet sich sogleich in eine mit scharfen Conturen versehene kleine Kugel ab, deren Durchmesser ungefähr der Hälfte der Länge der sich bewegenden Zoospore gleichkommt. Diese Kugel wächst, wie ich mich durch direkte Messungen überzeugt habe, während mehrerer Tage zu bedeutender Grösse heran. Schon mit dem Beginn ihres Wachstums wird in ihr die Chlorophyllschicht zuerst in zwei, dann in vier Theile oder Körner gespalten, welche fortfahren sich durch Theilung zu vermehren, so dass sie in einer ausgewachsenen Kugel immer schon in beträchtlicher Zahl vorhanden sind (Fig. 39, b, c; 36, 47, 48, 49 und 51).

Die zur Ruhe gekommene Zoospore von *Chlorococcum humiculum* behält dagegen auch während des ganzen unbeweglichen Zustandes, bis zum völligen Auswachsen zum reifen Zoosporangium ungefähr die verlängerte Form, welche sie während des Schwärmens hatte, bei, und nimmt nur vor dem Entleeren der Zoosporen eine mehr oder weniger kugelige Form an (Fig. 2, 5, 6, 7, 8). Die Membran der zu Zoosporangien sich heranbildenden Zoosporen bleibt während der ganzen Zeit ihres Wachstums weich und biegsam, so dass, wenn sie wie es oft geschieht, deren vielmehr am Rande des Tropfens zusammengedrängt sind, die Membran dem Drucke nachgiebt und eine polygonale Form annimmt (Fig. 7).

Diese beiden Organismen können, wie ich es direkt beobachtete, eine unbestimmt lange Zeit denselben Cyclus der Metamorphosen ununterbrochen wiederholen und immer von Neuem dieselben Entwicklungsstadien durchlaufen.

Desto merkwürdiger ist es, dass es zu jeder Zeit möglich ist, nach Belieben den Entwicklungsgang dieser Organismen abzuändern. Es genügt dazu nur den $\frac{1}{2}$ - $\%$ Tropfen Lösung durch einen 3 $\%$ zu ersetzen. Der Austritt sowohl, als auch die Bildung der Zoosporen wird dadurch bald ganz gehemmt. Die beiden Organismen fahren aber nichtsdestoweniger fort, sich rasch weiter zu entwickeln und zu vermehren, mit dem Unterschiede aber, dass sie, statt Zoosporen, eine grosse Menge unbeweglicher Kugeln erzeugen, welche mit der

Zeit frei werden, heranwachsen und dann wieder sich theilend zur Vermehrung dieser Organismen dienen. Die unbeweglichen Kugeln bilden sich in den beiden Formen im Innern der ausgewachsenen bald durch secundane Theilung des ganzen Inhaltes, bald durch simultane Theilung des peripherischen Plasma, so dass die von Nägeli gemachte Beobachtung, dass einer jeden dieser Formen eine besondere Art der Theilung zukomme, sich nicht bestätigt hat. Bei der ersten Art der Entstehung der unbeweglichen Kugeln, welche bei *Chlorococcum infusionum* vorzuherrschen scheint, bei *Protococcus vulgaris* aber sehr selten von mir beobachtet wurde, wölben sich bisweilen die neu entstandenen Wölbungsproducte nach aussen und verleihen der ganzen Masse ein traubenartiges Ansehen. Sie fallen erst viel später auseinander und bilden bisweilen noch eine zusammenhängende Masse, wenn sie schon aus Zellen der vierten Generation zusammengesetzt sind. Fig. 9, 10, 11, 12 sind Entwicklungszustände einer und derselben Kolonie. (Siehe die Beschreibung der betreffenden Abbildungen.)

Die durch simultane Theilung erzeugten Kugeln behalten ihre gegenseitige Lage nicht nur in der Mutterzelle, sondern bisweilen auch nach dem Freiwerden bei, namentlich wenn sie bald nach ihrer Bildung, bevor sie noch anschnlich an Grösse zugenommen haben, durch den Riss der Mutterzellenmembran entleert werden. Sie bilden in diesem Falle nach dem Freiwerden eine innen hohle, an der Oberfläche aber aus einer Masse eng an einander gelegenen, kleinen rundlichen Zellen zusammengesetzte Kugel (Fig. 50), deren Durchmesser den der leeren Membran durch das Wachsen der ihn constituirenden Zellen sehr bald um vieles übertrifft. Nehmen dagegen die neugebildeten Kugeln schon in dem Lumen der Mutterzelle beträchtlich an Grösse zu, so werden sie durch den gegenseitig erzeugten Druck aus ihrer früheren Lage verdrängt und füllen mit der Zeit das Volumen der ganzen Mutterzelle aus, wobei sie dann meist in der Grösse grosse Schwankungen unter einander wahrnehmen lassen (Fig. 40, 41).

Nachdem die verschiedenartige Wirkung der $\frac{1}{2}\%$ und 3% Salzlösung auf die Bildung und das Ausschwärmen der Zoosporen sich klar herausgestellt hat, bin ich zum Studium anderer Concentrationen auf diese Phänomene übergegangen, nämlich der $\frac{1}{10}\%$,

$\frac{1}{2}\%$, 1% und 2% Salzlösungen und bin nun zu folgenden Resultaten gelangt, welche ich sogleich durch eine ganze Reihe von Versuchen beweisen will. Die Zoosporen von *Chlorococcum infusionum* und des *Protococcus viridis* werden im Wasser in der $\frac{1}{10}\%$, $\frac{1}{2}\%$ und 1% Lösung gebildet und entleert. In den Lösungen von 2% und höherer Concentration bleibt die Bildung und also auch das Ausschwärmen der Zoosporen aus. Wenn diese Organismen aus der 2% Lösung oder höherer Concentration in eine 1% oder noch mehr diluirte Lösung versetzt werden, so tritt das Ausschwärmen der Zoosporen wieder ein und desto schneller und in grösserer Menge, je geringer die Concentration der angewandten Lösung ist. Am meisten die Bildung und das Ausschwärmen der Zoosporen fördernd hat sich das destillirte, sorgfältig gelüftete Wasser erwiesen. Wird dagegen diese Lösung durch eine 2% oder noch mehr concentrirte ersetzt, so hört die Zoosporenbildung sogleich auf. Durch das blosse Wechseln der Concentration der Lösung ist es also möglich, nach Belieben zu jeder Zeit die Zoosporenbildung oder aber das Zerfallen in unbewegliche Kugeln hervorzurufen.

Als hauptsächlichliches Material zu den meisten meiner Beobachtungen benutzte ich nur diejenigen Algen, welche ich am 15. April von der Erde in meinen Apparat in einen Tropfen Wasser hinüberpflanzte. Aus diesem Tropfen habe ich sie theilweise in andere Apparate in Tropfen verschiedener Salzlösungen versetzt; da die Entwicklung dieser Algen in den Salzlösungen rasch und kräftig vor sich ging, so reichte dieses Material zu allen, in Bezug auf diese Organismen später angestellten Versuchen, welche erst gegen Ende Juli abgebrochen wurden, vollkommen aus.

Der Wirkung der Lösung anorganischer Salze auf die Entwicklung der Algen wurde ich im Anfange Mai gewahr. In den ersten Mai-Tagen hörten die vom 15. April im Tropfen Wasser kultivirten *Chlorococcum infusionum* und *Protococcus vulgaris* auf, sich weiter zu entwickeln und wurden bleich, fast farblos. Einen Theil von ihnen habe ich in einen Tropfen $\frac{1}{2}\%$ Lösung am 10. Mai versetzt, die übrigen aber im Wassertropfen liegen lassen. Die ersten haben sich schon am 12. Mai als vollkommen grün erwiesen (am 11. wurden sie nicht untersucht) und begannen, sich wieder rasch weiter zu entwickeln; die letzteren dagegen

blieben über 2 Wochen ganz unverändert, was durch eine ganze Reihe von Beobachtungen, die an ihnen bis zum 27. Mai vorgenommen wurden, bestätigt wird. Solcher Versuche habe ich mehrere ausgeführt und immer mit gleichem Erfolge; das Ergrünen wurde gewöhnlich aber schon am folgenden Tage wahrgenommen.

In dem $\frac{1}{2}$ % Tropfen der Salzlösung haben sowohl *Chlorococcum infusionum* als *Protococcus viridis* ununterbrochen Zoosporen vom 15. April bis zum 10. Juli, als diese Versuche geschlossen wurden, gegeben.

In der ersten Hälfte Juni habe ich einen Theil der, aus dem am 15. April bereiteten Tropfen stammenden, und eine Zeit lang in einer $\frac{1}{2}$ % Lösung kultivirten Algen in zwei Tropfen der 3% Lösung versetzt. Zoosporen konnte ich schon am folgenden Tage keine wahrnehmen. In den beiden Tropfen blieben diese Organismen vollkommen gesund und begannen durch das Zerfallen in unbewegliche Kugeln sich zu vermehren. An ihnen wurden folgende Experimente über die Wirkung der Concentration der Salzlösung auf die Zoosporenbildung angestellt.

Versuch 1. Aus dem am 4. Juni bereiteten Tropfen von 3%, in welchem seitdem keine einzige Zoospore beobachtet wurde, habe ich am 21. Juni einen Theil in zwei andere Tropfen, von denen der eine aus einer 3% Lösung, der andere aus destillirtem Wasser bestand, gebracht. Im ersten wurde vor dem 21. Juni bis zum Ende des Versuchs, am 11. Juli, keine einzige Zoospore beobachtet; in dem zweiten dagegen wurden sie schon am Morgen des folgenden Tages, am 12. Juni, in grosser Menge entleert.

Versuch 2. Am 27. Juni habe ich aus der 3% Salzlösung einen Theil der Algen in 4 neue Tropfen versetzt: in 2 Tropfen destillirten Wassers und in 2 Tropfen einer $\frac{1}{2}$ % Salzlösung. Am 28. wurden schon Zoosporen in allen 4 Tropfen beobachtet, mit dem Unterschiede aber, dass in den beiden Tropfen destillirten Wassers sie schon am folgenden Tage in einer ungeheuren Menge auftraten, dagegen in der $\frac{1}{2}$ % Salzlösung sie anfangs spärlich und erst in den folgenden Tagen an Zahl rasch zunahmen.

Versuch 3. Am 29. Juni brachte ich aus den am 2. Juni bereiteten Tropfen von 3% Lösung einen Theil der *Chlorococcum*- und *Protococcus*-Zellen in vier neue Tropfen, von denen zwei aus destillirtem Wasser und

zwei aus einer $\frac{1}{2}$ % Salzlösung bestanden. Am 30. Juni wurden schon in allen vier Tropfen Zoosporen in Menge beobachtet, die bis zum Ende des Versuchs, bis zum 18. Juli, immerwährend Zoosporangien und dann wieder Zoosporen erzeugten.

Versuch 4. Am 7. Juli versetzte ich einen Theil der Algen aus dem 3% Tropfen in zwei neue Tropfen: einer $\frac{1}{10}$ % und einer 3% Salzlösung. Im ersten wurden schon am 8. Juli Zoosporen beobachtet; im zweiten von 7. bis zum 11. Juli war keine einzige Zoospore zu sehen. Am 11. Juli habe ich aus dem letzten Tropfen einen Theil der Algen in zwei neue Tropfen, von denen der eine eine 1%, der andere eine 2% Concentration hatte, gebracht. Im ersten habe ich schon am folgenden Tage, am 12. Juli, Zoosporen in Menge beobachtet, in dem zweiten dagegen waren keine Zoosporen vom 11. bis zum 22. zu sehen.

Versuch 5. Am 12. Juli habe ich einen Theil der Algen aus der 3ten Lösung in zwei Tropfen von 1% und von 2% versetzt. In dem ersten fand ich schon am 13. Juli eine Menge Zoosporen. In dem zweiten dagegen kamen vom 12. bis 17. Juli keine Zoosporen zum Vorschein. Indessen habe ich am 14. Juli einen Theil der Algen aus dem 2% Tropfen der Salzlösung in einen Tropfen von 1% versetzt; am 15. Juli wurde im letzteren schon das Ausschwärmen der Zoosporen beobachtet.

Versuch 6. Am 12. Juli habe ich einen Theil der Algen aus dem 3% Tropfen in einen Tropfen von 1% und in einen anderen von 2% versetzt. In dem ersten wurden schon am 13. Juli eine Menge Zoosporen beobachtet, in dem zweiten war keine einzige bis zum 22. Juli, als der Versuch unterbrochen wurde, beobachtet.

Wenn man diese Algen, anstatt sie in Tropfen von Salzlösungen zu kultiviren, nur mit letzteren anfeuchtet und dabei darauf Acht giebt, dass sie nicht eintrocknen, so bekommt man ganz andere Resultate. Die Zoosporen werden dann auch beim Befeuchten mit einer $\frac{1}{2}$ % Lösung nicht gebildet, wahrscheinlich deshalb, weil wegen der geringen Menge von Flüssigkeit, die von einer verhältnissmässig sehr ansehnlichen Fläche verdunstet, die Concentration rasch zunimmt und bald die Grenze, die die Zoosporenbildung noch hervorruft, übersteigt. Die Vermehrung der Algen

wird in diesen Fällen durch das Zerfallen in unbewegliche Kugeln zu Stande gebracht.

Sehr charakteristische Veränderungen werden in den Algen hervorgerufen, wenn man sie in feuchter Atmosphäre kultivirt. Obgleich von mir in dieser Richtung wenige Versuche gemacht worden sind, habe ich dennoch mehrere interessante Resultate gewonnen.

Wird *Chlorococcum infusionum* aus der 3% Salzlösung von der dasselbe umgebenden Flüssigkeit mittelst Fliesspapier befreit und dann wieder in die feuchte Kammer hineingebracht, in die man noch einen Tropfen Wasser zwischen dem Kautschuk und dem Deckgläschen einführen muss, um die Algen möglichst vor Verdunstung zu schützen, so zeigt es folgende Veränderungen: seine kugeligen Zellen werden durch das wenn auch äusserst langsame Verdunsten der sie umgebenden Flüssigkeit eng an einander gedrängt und verwachsen zu einer Art membranartiger Schicht, indem sie durch den gegenseitigen Druck eine polygonale Form annehmen. In diesem Zustande bieten sie eine vollkommene Aehnlichkeit mit der von Kützing⁸⁾ beschriebenen und abgebildeten und von Rabenhorst zur Familie der Protococcaceen ganz in die Nähe von *Chlorococcum* gestellten Alge *Limnodictyon Roemerianum* (Fig. 27 und 28) dar. Der Beschreibung von Rabenhorst gemäss sind mir ausser den zur Membran verbundenen *Chlorococcum*-Zellen auch einzelne oder nur halbverwachsene Zellen vorgekommen. Durch das Hinzufügen des Wassers oder einer diluirten Salzlösung gelang es mir auch in diesen, zu Häuten verbundenen Zellen Zoosporenbildung hervorzurufen. In der 3% Salzlösung wurde die Vermehrung, wie es auch zu erwarten war, durch das Zerfallen in unbewegliche Kugeln zu Stande gebracht. Auf den von mir beobachteten Zustand passt die Beschreibung dieser Alge von Rabenhorst⁹⁾ ganz vollkommen, nämlich: *Limnodictyon* Ktz. *Cellulae initio sphaericae, denique e mutua pressione angulosae, tegumentis crassis lamellosis cinctae in stratum membranaceum parenchymatice consociatae. Cytoplasma viride granulosum. Propagatio gonidiis cytoplasmatis divisione succedanea ortis. L. Roemerianum* Ktz. *natans, membranaceum viride.* Auf

mehrere derartige Versuche gestützt, glaube ich berechtigt zu sein, das *Limnodictyon* aus der Reihe der selbständigen Formen zu streichen und es als ein durch die Kulturverhältnisse verändertes *Chlorococcum infusionum* zu betrachten.

Es ist mir gelungen, eine gewissermassen analoge Erscheinung auch an *Protococcus viridis* zu beobachten, jedoch nur ein Mal und ganz zufälliger Weise. Die in einem fast eingetrockneten Tropfen einer 1/2% Salzlösung enthaltenen *Protococcus*-Kugeln erwiesen sich wie bei *Chlorococcum* als unter einander verwachsen. In diesem Falle brachte aber das Hinzufügen des Wassers ein ganz anderes Resultat. Das Wasser rief das Platzen der äusseren Membran der Kugeln hervor, und aus dem entstandenen Risse wurde der ganze, von einer eigenen (inneren) Membran umgebene Zelleninhalt herausgetrieben. Der Durchmesser der frei schwimmenden Kugeln erwies sich grösser als der Durchmesser der hohlen Zellenmembranen, so dass diese Erscheinung, allem Anscheine nach, dadurch zu Stande kam, dass durch das Einsaugen des Wassers die äussere derbe Membran, die nicht mehr im Stande ist, sich wie der Inhalt und die inneren Schichten ansehnlich auszudehnen, gesprengt und der Inhalt aus dem Risse herausgepresst wurde. Das Verwachsen der *Protococcus*-Kugeln war besonders klar an der hohlen, ganz durchsichtigen äusseren Membran zu sehen.

Endlich wurden in allen von mir beobachteten Fällen durch das allmähliche Eintrocknen in der feuchten Atmosphäre wesentliche Veränderungen in dem Zelleninhalte hervorgerufen, nämlich: eine Abnahme des Chlorophylls und eine Bildung von Oel bei allen Algen, obwohl in einem sehr verschiedenen Grade. In dieser Richtung sind von mir Beobachtungen nur an *Protococcus viridis* und einer unbestimmten Species der *Conferva* gemacht worden.

Lässt man den Tropfen Flüssigkeit mit den *Protococcus*-Kugeln allmählich eintrocknen, so verändern allmählich alle seine Zellen, welcher Grösse sie auch sein mögen, ihre Farbe. Die Chlorophyllkörner werden undeutlich, und der grüne Farbstoff wird in Verlauf von wenigen Tagen allmählich durch einen rothen bis zum völligen Verschwinden des Chlorophylls ersetzt, und gleichzeitig dabei eine Masse Oel gebildet, welches in grossen Tropfen in der Zelle abgelagert

8) Kützing. Tab. phycol. I, pag. 20. Taf. 25, Fig. VI und Spec. Alg., pag. 230.

9) Rabenhorst. Flora Europaea Algarum. Sectio III, p. 61.

wird. Das Rothwerden des *Protococcus* beim langsamen Eintrocknen ist schon, wie ich es früher vorgeführt habe, von A. Braun beobachtet worden. Diese, durch die Kultur in der feuchten Atmosphäre erzeugten, Veränderungen können durch das Einbringen dieser Organismen in einen Tropfen $\frac{1}{2}\%$ Salzlösung ebenso schnell wieder weggeschafft werden. Nach einem mehrtägigen Verweilen in der $\frac{1}{2}\%$ Salzlösung werden die Zellen von *Protococcus* wieder ganz grün, das Oel verschwindet spurlos, und es kommen wieder die schön grün gefärbten Chlorophyllkörper zum Vorschein. Ich habe das allmähliche Rothwerden, die Oelbildung, dann das abermalige Verschwinden des rothen Pigments und des Oels und das völlige Ergrünen an einen und denselben *Protococcus*-Zellen beobachtet. Es ist mir gelungen, ganz ähnliche Veränderungen auch an der oben erwähnten *Conferva* zu beobachten, mit dem einzigen Unterschiede, dass beim Verschwinden des Chlorophylls die Erzeugung des rothen Pigments wegblieb. Es genügen auch in diesem Falle nur wenige Tage, um das Chlorophyll aus den Zellen bis auf die Spur zu vertreiben, die Zellen mit Oel zu füllen, und dann wieder durch das Einbringen in einen Tropfen Salzlösung entgegengesetzte Veränderungen hervorzurufen (siehe Fig. 63, 64, 65, 66, 68 und deren Beschreibung).

Aus allen diesen Versuchen lassen sich also folgende Schlüsse ziehen:

1) Die Algen und die höheren Kryptogamen sind befähigt eine viel höhere Concentration der Salzlösung als die phanerogamen Pflanzen zu ertragen. In einer 3% Lösung geht noch eine kräftige Entwicklung von *Chlorococcum infusionum*, des *Protococcus viridis*, und wie ich es später umständlicher angeben werde, auch die des Vorkeimes der Moose vor sich. Sie verbleiben alle gesund, sogar noch in der 5% Salzlösung. Eine allmähliche Steigerung der Concentration der Salzlösung ist die einzige unumgängliche Bedingung zur Erlangung eines sicheren Resultats.

2) Der Concentrationsgrad der Flüssigkeit ist von grossem Einflusse auf die Entwicklung der Algen. In den sehr diluirten, deren Concentration nicht ein Procent übertrifft, wird, bei den von mir untersuchten Algen, dem *Chlorococcum infusionum* und dem *Protococcus viridis* die Vermehrung nur durch Zoosporen zu Stande gebracht; die ausgeschwärmten Zoosporen

erzeugen wieder Zoosporangien und so fort; dieses kann eine unbestimmte Zeit und während einer unbestimmten Zahl von Generationen ununterbrochen fort-dauern. Mir ist es wenigstens gelungen, dieses von dem 15. April an bis zum 10. Juli, also während fast dreier Monate unaufhörlich zu beobachten. In der 2% Salzlösung oder einer höheren Concentration wird die Zoosporenbildung gehemmt; die Vermehrung dagegen durch Zerfallen in unbewegliche Kugeln vermittelt. Versetzt man diese Algen in Salzlösungen von einer geringeren Concentration als 2%, so tritt die Zoosporenbildung wieder ein; steigert man dieselbe auf 2%, so wird sie wiederum gehemmt.

3) *Limnodictyon Roemerianum Ktz.* ist nicht mehr als eine selbständige Form, sondern nur als ein durch Kulturverhältnisse verändertes *Chlorococcum infusionum* zu betrachten.

4) Durch die Kultur der Algen (*Protococcus*, *Conferva*) in der feuchten Atmosphäre gelang es mir, den Chlorophyllgehalt sehr herabzusetzen, bei *Protococcus* sogar vollständig zu vertreiben und ihn bei letzterem durch ein rothes Pigment zu ersetzen. Mittelst eines Tropfens einer $\frac{1}{2}\%$ Salzlösung kann sowohl das rothe Pigment wieder vertrieben, als auch das Chlorophyll von Neuem erzeugt werden.

Bis jetzt habe ich die Veränderungen, die unmittelbar durch die äusseren Verhältnisse erzeugt werden, beschrieben; ihre charakteristische Eigenthümlichkeit besteht darin, dass sie gleichzeitig und in gleicher Weise alle zu beobachtenden Individuen afficiren. Jetzt gehe ich zur Schilderung solcher Veränderungen über, die nur in einigen wenigen Individuen zum Vorschein kommen, bei den anderen dagegen, die dem Anscheine nach wenigstens unter ganz denselben äusseren Verhältnissen sich befinden, gänzlich mangeln. Die Variationen dieser letzteren Art sind, so viel ich weiss, an den niederen Pflanzenformen noch nie beobachtet worden; sie bieten aber gegenwärtig ein besonderes Interesse, weil Darwin aus bloss theoretischen Gründen ihre Existenz errathen und gewissermassen vorausgesagt hat.

Meine Beobachtungen dieser Art konnte ich bis jetzt nur auf zwei Algenformen ausdehnen; auf *Chlorococcum infusionum* und *Protococcus viridis*. Da eine

jede dieser Formen in dieser Hinsicht viele charakteristische Eigenthümlichkeiten darbietet, so will ich sie nicht gleichzeitig, sondern die eine nach der andern beschreiben.

Das ins Wasser oder in eine $\frac{1}{2}\%$ Salzlösung versetzte *Chlorococcum infusionum* wird, wie ich es schon beschrieben habe, durch Zoosporenbildung vermehrt. Die meisten von ihnen wachsen, nachdem sie ihre Bewegung eingebüsst haben, heran, ihre frühere verlängert ovale Form behaltend. Unter den zur Ruhe gekommenen Zoosporen gelingt es indessen, Gebilde aufzufinden, die der Consistenz nach den übrigen Zoosporen gleichen, von ihnen aber durch ihre bedeutendere Grösse und Form sich unterscheiden. In ihnen kann man meistens einen dicken ovalen und einen cylindrischen schmalen Theil wahrnehmen (Fig. 18^a, 19^a, 20^a, 22, 23, 24, 25, 26), selten sind sie ihrer ganzen Länge nach gleich breit und cylindrisch, weshalb sie den Eindruck einer zum Faden heranwachsenden Zoospore machen. Sie sind in einem solchen Grade von den normal sich entwickelnden Zoosporen verschieden, dass ich sie anfangs als zufällig in den Tropfen gelangte Keime irgend einer fadenartigen Alge betrachtete und deshalb sie auch nicht weiter berücksichtigte. Nur in Folge sorgfältiger Untersuchung bin ich zu der Ansicht gelangt, dass sie nichts anderes als in einer abnormen Art keimende Zoosporen von *Chlorococcum infusionum* seien. Ich kann meine Meinung durch folgende Beobachtungen bekräftigen:

Erstens ist es mir gelungen, mich zu überzeugen, dass die abnormen Zoosporen in den Zoosporangien von *Chlorococcum* entstehen. Ich habe nämlich eine abnorm keimende Zoospore in einer leeren *Chlorococcum*-Membran gefunden (Fig. 26), aus der alle übrigen in ihr gebildeten Zoosporen ausgeschwärmt waren. Obgleich ich also auf diese Weise die Bildung dieser Zoosporen innerhalb der *Chlorococcum*-Kugel unzweideutig nachgewiesen habe, ist es mir dennoch nicht gelungen zu entscheiden, ob die abnorm keimenden Zoosporen mit den normalen gleichzeitig in demselben Zoosporangium gebildet werden können oder nicht, da ich sie der Beobachtung erst dann unterzog, als sie schon ihre Bewegung eingebüsst hatten. Folgende Beispiele werden die hierher gehörenden That-sachen am besten erläutern. Am 26. Juni zeichnete ich mehrere Zoosporen, welche in einem Tropfen Was-

ser gekeimt hatten und unter denen sich eine abnorme (Fig. 18^a) befand, ab; am 27. wurde das Wasser durch einen Tropfen $\frac{1}{2}\%$ Salzlösung ersetzt; am 28. waren alle Zoosporen grösser geworden, wobei die abnorme bedeutend an Dicke zugenommen hatte und zwar in der Art, dass der schmale cylindrische Theil kaum mehr zu unterscheiden war, und nur an dem schmalen zugespitzten Ende der angeschwollenen Zelle seine frühere Lage errathen liess (Fig. 19^a). Am 29. Juni lösten sich alle zu Zoosporangien herangewachsenen Zoosporen, sowohl die normalen als die abnormen, wieder in Zoosporen auf. In dieser neuen Generation kamen wieder abnorm keimende Zoosporen zum Vorschein, deren weiteres Schicksal ich aber nicht verfolgt habe.

In einem anderen Tropfen wurden die zur Ruhe gekommenen Zoosporen, unter denen auch abnorm keimende sich vorfanden, mit der $\frac{1}{2}\%$ Salzlösung nur befeuchtet (Fig. 23). Die am 1. Juli abgezeichneten Exemplare hatten schon am 2. Juli in ihrem angeschwollenen Theile an Grösse zugenommen (Fig. 24), und in allen Zoosporen, in normalen ebenso wie in abnormen, konnte das grüne Chlorophyllbläschen und die Vakuole schon beobachtet werden. Der Inhalt des angeschwollenen kugeligen Theiles schien sich von dem des schmalen cylindrischen Theiles abgegrenzt zu haben; der letztere hatte zwar seine Form nicht verändert, war aber bleich geworden und schien im Absterben begriffen zu sein. Am 3. und 4. Juni hatte bei allen Zoosporen der kugelige Theil noch an Grösse zugenommen, der cylindrische Theil der abnormen Zoosporen war dagegen ganz farblos geworden und konnte bei einigen nur mit Mühe beobachtet werden. Am 8. Juli endlich war der Inhalt aller Zoosporen in ganz gleicher Weise bei den normalen wie bei den abnormen in eine Masse unbeweglicher Kugeln zerfallen.

Variationen ganz anderer Art habe ich an *Chlorococcum infusionum* in der 3% Salzlösung beobachtet. Unter den in unbewegliche Kugeln von fast gleicher Dimension zerfallenden *Chlorococcum* wachsen einige Exemplare in unregelmässige Massen aus, bei denen oft die Theilung eine gewisse Zeit unterbleibt, so dass der ganze Inhalt, von einer eigenen Membran umgeben, durch den Riss der Zellenmembran als eine einzige Masse hinaustritt (Fig. 29 — 35). Die Identität dieser Formen mit *Chlorococcum infusionum* ist nicht

zu verkennen, erstens deshalb, weil sie in ganz gleicher Weise wie die normalen *Chlorococcum* durch das Zerfallen in eine Menge unbeweglicher Kugeln sich vermehren; zweitens weil solche abnorme Formen als Theilungsproducte mit normalen kugeligen in denselben Zellen gebildet werden, wie aus der Fig. 35 deutlich zu sehen ist.

Es ist mir gelungen, noch viel merkwürdigere Vegetationen bei *Protococcus vulgaris*, aber fast ausschliesslich nur in der 3% Lösung, nachzuweisen; unter den abnormen *Protococcus*formen stellten einige botrydiumartige Gebilde, andere dagegen Mittelformen zwischen *Protococcus* und *Conferva* dar. Die Annäherung an die Botrydiumform zeigte sich darin, dass die *Protococcus*zellen mehr oder weniger lange cylindrische Auswüchse, welche nicht selten viel weniger intensiv grün als der übrige Zellenraum gefärbt waren, bildeten und also ein Botrydium in sehr verkleinertem Massstabe darstellten (Fig. 47, 48, 49, 51). Diese Ähnlichkeit wurde noch durch die Art der Vermehrung, mittelst unbeweglicher, aus dem peripherischen Plasma durch simultane Theilung desselben gebildete Keimzellen gesteigert, die ganz derjenigen von Botrydium, nach der Beschreibung von A. Braun¹⁰⁾ zu urtheilen, gleichkam, nur mit dem Unterschiede, dass die jungen Keimzellen von *Protococcus* dadurch frei werden, dass sie die Mutterzellenmembran aufreissen; bei Botrydium dagegen letztere verflüssigt und resorbirt wird.

Die Variationen nach der Seite der *Conferva* hin bieten dadurch grosses Interesse, dass sie auch ein Streben einer niederen Form, sich einer verhältnissmässig höheren zu nähern, andeuten. Unter den normalen kugelrunden Theilungsprodukten von *Protococcus* lassen sich oft zu unregelmässigen Körpern ausgewachsene Individuen beobachten, die höchst mannigfaltige Gestalten annehmen (Fig. 52—61). Unter diesen verdienen aber diejenigen, welche sich zu cylindrischen Zellen umgestalten, eine besondere Aufmerksamkeit (Fig. 60), da sie mit den, durch das Zerfallen des *Confervafadens* in seine Zellen frei werdenden Theilungsprodukten, zu deren Beschreibung ich sogleich übergehe, bis zum Verwecheln ähnlich sind und auf die Verwandtschaft dieser beiden Formen hinweisen.

10) A. Braun. Verjüngungen, p. 136.

Dass alle diese abnormen Gestalten zu *Protococcus viridis* gehören und dass nicht etwa eine Verwechslung vorgekommen ist, davon kann man sich dadurch überzeugen, dass es nicht selten gelingt, solche abnorme Theilungsproducte noch innerhalb der Mutterzellenmembran sammt normalen Keimzellen von *Protococcus* zu beobachten (Fig. 42 — 46, 57).

Die Entwicklung der *Conferva* ist so gut wie gar nicht bekannt, man weiss nichts über die Art ihrer Vermehrung. Obgleich es mir jetzt äussert interessant wäre, ihre Entwicklung in einer möglichst genauen Weise zu studiren, so muss ich mich doch mit verhältnissmässig sehr unvollständigen Beobachtungen begnügen, die ich ganz zufällig im Anfange des Sommers anstellte, ohne mich weiter um sie zu kümmern, da ich wegen der beschränkten Zeit, die mir zur Untersuchung übrig hlieb, beschlossen hatte, meine Aufmerksamkeit fast ausschliesslich auf die beiden oben genannten Formen zu beschränken, ohne auch nur zu vermuthen, dass zwischen *Protococcus* und *Conferva* eine so innige Beziehung existiren könne. So unvollständig meine Angaben auch sind, so bieten sie doch in dieser Hinsicht interessante Anhaltspunkte dar. Das Wachsen der von mir beobachteten Fäden kommt durch Quertheilung und Ausdehnung der neu entstandenen Zellen zu Stande, wobei, so viel ich beobachten konnte, die Mutterzellenmembran quer durchreissst. Die jungen heranwachsenden Zellen, von einer inneren dünnen Membran umgeben, an Querwänden mit den angrenzenden Zellen des Fadens und unter sich verwachsen, treten in einer ununterbrochenen Reihe geordnet hervor, wobei, in die Länge wachsend, sie die getrennten Theile der alten Membran immer mehr von einander entfernen. Die Mutterzellenmembran wird dabei immer in zwei ungleiche Theile, in einen langen scheidenartigen und einen kurzen kappenförmigen zerrissen, welche an den *Confervenfäden* eine unbestimmt lange Zeit befestigt bleiben. Es gelang mir sogar zwei Mal, zwei in einander gesteckte Scheiden zu beobachten (Fig. 73, 74).

Unter Verhältnissen, die näher anzugeben ich bis jetzt noch nicht im Stande bin, geht bei der *Conferva* ein Zerfallen in ihre einzelnen Glieder vor sich. Eine jede Zelle der *Conferva* theilt sich wie zuvor in eine Reihe Glieder, wobei die Mutterzellenmembran wie früher in zwei ungleiche Theile quer zerrissen wird, und die

neu gebildeten Zellen treten hervor, zuerst noch durch eine, wenn auch äusserst dünne Membran zusammengehalten; letztere wird jedoch bald aufgelöst und die einzelnen Glieder trennen sich von einander. Sie haben alle eine verlängerte, mehr oder weniger cylindrische Gestalt und gleichen in diesem Zustande den früher erwähnten abnormen zu cylindrischen Zellen heranwachsenden Theilungsproducten des *Protococcus* in einem so hohen Grade, dass es unmöglich wird, sie von den letzteren zu unterscheiden. Sogleich nach dem Freiwerden sind die Chlorophyllkörner schon deutlich zu unterscheiden, aber bei weitem nicht so scharf wie späterhin. Ueber die weitere Entwicklung dieser cylindrischen freien Confervenzellen kann ich nur angeben, dass sie sich in die Länge strecken und dann wieder in 4 oder 8 neue Zellen zerfallen, wobei die Zellenmembran ganz ebenso abgestreift wird wie vorher, und die einzelnen Glieder sich wieder trennen (Fig. 75). Aus allem vorher Gesagten folgt, dass es mir gelungen ist, sowohl den *Protococcus* als die *Conferva* in einem solchen Stadium der Entwicklung zu beobachten, in dem diese beiden Formen, wenigstens meiner Ansicht nach, nicht unterschieden werden können; ob es aber ganz identische Gebilde sind, bleibt noch vollkommen unentschieden, und es muss späteren Beobachtungen überlassen werden, darüber ein Urtheil auszusprechen. Allerdings ist aber diese ganz aussergewöhnliche Ähnlichkeit höchst auffallend und lässt sich wohl schwerlich als etwas ganz Zufälliges betrachten.

Die eben ausgesprochene Vermuthung über den Zusammenhang von *Protococcus* mit *Conferva* lässt sich noch durch folgende an anderen Algen gemachte Beobachtungen bekräftigen, welche das Erscheinen einer und derselben Algen-Form, je nach den Umständen, bald als kugelige runde Zellen, die ich als protococcusartige Gebilde bezeichnen will, bald als eine Fadenalge klar darthun werden.

Wenn man ein ganzes Exemplar eines auf feuchter Erde gezogenen *Stygoecloonium stellare* untersucht, so wird man es immer aus zweierlei Fäden zusammengesetzt finden, von denen die einen in die Luft nach oben wachsen, die anderen aber der Erde sich anschmiegend niederliegen, und die auf eine so auffallende Weise von einander verschieden sind, dass, wenn sie nicht in organischem Zusammenhange gefunden

wären, man sie nie als ein und derselben Alge gehörend ansehen würde. Die in die Luft wachsenden Zweige sind ihrer ganzen Masse nach aus intensiv grünen, mehr oder weniger perlschnurartig aufgeblähten Zellen zusammengesetzt (Fig. 93). Die an der Erde kriechenden dagegen stellen lange cylindrische Zellenreihen gewöhnlich ohne Spur einer Einschnürung dar (fig. 94 und 95). Die Zellen dieser Fäden enthalten verhältnissmässig wenig Chlorophyll, welches gewöhnlich nur einen mehr oder weniger schmalen Gürtel in der Mitte der Zelle bildet, wodurch diese Zellen an den Enden immer farblos erscheinen. In dem Chlorophyllgürtel sind meistens einige wenige kleine Stärkekörner enthalten. So verschieden diese beiden Arten von Zellen unter einander sind, so können sie doch unter gewissen Umständen in einander verwandelt werden. Bis jetzt ist es mir aber noch nicht gelungen, diese Verhältnisse genauer anzugeben, obwohl ich eine solche Verwandlung mehrere Male mit der gewünschten Genauigkeit an den Zellen eines und desselben Fadens beobachten konnte. In anderen Fällen dagegen scheinen sie mit grosser Hartnäckigkeit ihre charakteristischen Merkmale beizubehalten. An den beiden Arten von Fäden ist es mir gelungen, ein Zerfallen in einzelne kugelige Zellen zu beobachten (Fig. 88, 89, 92). Die sich isolirenden Zellen von beiderlei Zweigen behalten oft die für sie charakteristische Anordnung des Inhalts, und es wird also auf diese Weise möglich, aus den Fäden eines und desselben *Stygoecloonium* zwei von einander ganz verschiedene protococcusartige Gebilde zu erzeugen (Fig. 89, 90, 91, 92). Von diesen beiden protococcusartigen Formen kann ich jetzt schon die auf der Fig. 87, 92 abgebildete zu jeder Zeit aus den Luftzweigen von *Stygoecloonium stellare* erzeugen. Es ist nur zu diesem Zwecke nöthig, sie in der feuchten Kammer mit einer $\frac{1}{2}\%$ Salzlösung anzufeuchten, indem man täglich einen frischen Tropfen Salzlösung auf die Fäden bringt und den Tropfen sogleich mittelst Fliesspapier wieder entfernt. Die so behandelten Zellen schwellen in einigen Tagen an, und sich allmählich abrundend, trennen sie sich von einander. Sowohl in diesem Zustande, als auch viel später, wenn sie schon ganz gesondert liegen, fahren sie fort, mittelst verschiedenartig gerichteter Scheidewände sich zu theilen und abermals in gesonderte Kugeln zu zerfallen

Diese frei liegenden, protococcusartigen Gebilde des *Stygoecloonium stellare* können, allem Anscheine nach, unter diesen Verhältnissen eine ganz unbestimmte Zeit als einzellige Organismen fortvegetiren und immer weiter sich theilen. Sie wachsen aber sogleich wieder zu *Stygoecloonium*fäden heran, wenn sie ins Wasser oder $\frac{1}{2}\%$ Salzlösung, oder auf deren Oberfläche zu liegen kommen (Fig. 92^a und c).

Das *Stygoecloonium stellare* kann also unter gewissen Umständen als ein einzelliger Organismus eine unbestimmte lange Zeit vegetiren, unter anderen Verhältnissen aber als Fadenalge erscheinen. Der Zusammenhang eines protococcusartigen Gebildes mit der Fadenalgenform ist in diesem Falle also ganz evident. Einen zweiten hierher gehörenden Fall bietet *Pleurococcus vulgaris* dar. Alle Algologen beschreiben ihn als eine einzellige, sich durch Theilung nach den drei senkrechten Richtungen des Raumes theilende Alge, deren Theilungsprodukte mit der Zeit aus einander fallen und also wieder einzellige Organismen darstellen und in dieser Art sich ins Unendliche vermehren. Diese Alge stellt also, der Beschreibung nach zu urtheilen, einen echten einzelligen kugeligen Organismus dar. Indessen ist es mir mehrere Male möglich gewesen, sein Auswachsen in fadenartige Gebilde zu beobachten. In diesem Falle kann man in einer solchen Zelle eine ganze Reihe von Querwänden nachweisen. Dass diese Gebilde zum *Pleurococcus vulgaris* gerechnet werden müssen, folgt daraus, dass man nicht selten eine solche in einen Faden ausgewachsene Zelle noch in Verbindung mit drei anderen, in eine für *Pleurococcus* charakteristische Tetrade verbunden, antreffen kann (Fig. 96).

Endlich will ich hier noch einer confervenartigen Form gedenken, bei der ich auch ein Anschwellen ihrer Zellen zu protococcusartigen Gebilden beobachtet und in den Fig. 69, 70, 71 abgebildet habe. Da diese Fadenalge leicht in Stücke zerfällt, so bietet die Ansicht, dass auch sie ebenfalls in isolirte Kugeln zerfallen könne, nichts Befremdendes dar.

Alle hier angeführten Beobachtungen über die Abänderung der typischen Algenformen und deren Übergang oder Annäherung an andere Formen stehen bis jetzt fast ganz isolirt da. In der algologischen Literatur bieten nur die Kützing'schen Arbeiten etwas Analoges dar, unter denen der Aufsatz: Über die Um-

wandlung niederer Algenformen in höhere (1841) eine besondere Beachtung verdient. Der Titel des Buches spricht schon die Ansicht des Autors klar aus, der die Umwandlung der niederen Formen annimmt und diese Meinung durch eine ganze Reihe von Beobachtungen zu unterstützen sucht, denen man, wie ich schon früher bemerkt habe, wenig Zutrauen schenkt und sie als gänzlich verfehlt betrachtet.

Nach Kützing sollen nicht nur Algen, sondern sogar Moose aus *Protococcus* entstehen. Der *Protococcus* selbst kann aber nach seiner Meinung als die einfachste Algenform durch Urzeugung gebildet werden¹¹⁾. Die auf diese Weise entstandenen, Anfangs farblosen Exemplare werden mit der Zeit grün. Unter dem Einflusse der äusseren Verhältnisse soll weiter der *Protococcus* ein sehr verschiedenes Ansehen bekommen. Aus diesen unter einander schon ganz verschiedenen *Protococcus*formen wachsen nach Kützing in einigen Fällen Algen oder sogar Moose hervor. So wird von ihm auf Seite 38 ff. die Umwandlung des *Protococcus* in *Oscillaria* und *Conferva* und auf Seite 66, 97 ff. die Entwicklung von *Bryum cespitium*, *Bryum annotinum*, *Barbula muralis*, *Dicranum heteromallum* aus demselben *Protococcus* beschrieben.

Die Heranbildung der höheren Form aus *Protococcus* kommt nach Kützing auf zweierlei Weise zu Stande: 1) durch das Auswachsen einer Zelle desselben, oder 2) durch das Verwachsen mehrerer, Anfangs isolirter Zellen. Diese zweite Art der Bildung mehrzelliger Formen aus einzelnen Zellen kommt bekanntlich niemals zu Stande und ist von Kützing, wie ich sogleich zeigen werde, nur in Folge einer falschen Deutung der in einzelne Zellen zerfallenden Formen aufgestellt worden. Das einzige, wenn auch streng genommen nicht ganz passende Beispiel dieser Art Entstehung bietet, wie ich gezeigt habe, das Hervorgehen der Zellenschicht von *Limnodietyon Roemerianum* aus den Chlorococcumzellen dar. Dieser Fehler ist desto überraschender, da Kützing selber die Existenz einer rückschreitenden Metamorphose mit Bestimmtheit behauptet. Es sollen nach ihm *Oscillaria*, *Conferva* und sogar der Moosvorkeim unter gewissen Umständen in *Protococcus*kugeln zerfallen.

Nach Kützing hängt es ferner gänzlich von den

¹¹⁾ Kützing. Umwandlung niederer Algenformen in höhere, p. 9, ibid. p. 39, 41 und 62.

äusseren Umständen ab, ob ein Organismus als einfachere oder complicirtere Form vorkommt, und es kann nach ihm der Übergang einer niederen Form in eine höhere und umgekehrt unbestimmt viele Male zu Stande kommen.

Obwohl nicht geleugnet werden darf, dass in dem erwähnten Werke von Kützing bedeutende Fehler vorkommen, und dass die von Kützing vermuthete Verwandtschaft der niederen Algen mit den höheren und den Moosen sich nicht bestätigt hat, so erweisen sich seine Beobachtungen, wie ich es sogleich zeigen werde, bei Weitem nicht in dem Grade der Wahrheit widersprechend, als man es bisher vermuthet hat, und es verdienen seine Arbeiten die volle Aufmerksamkeit der Algologen, da sie ausser den fehlerhaften auch eine Menge ganz richtiger Beobachtungen enthalten.

Es ist mir vor Allem gelungen, die von Kützing beobachteten Beziehungen zwischen den Fadenalgen und den protococcusartigen Gebilden zu bestätigen. Es zerfallen nämlich, wie wir gesehen haben, unter gewissen Umständen die *Conferva* und das *Stygeoclonium* in protococcusartige Gebilde, welche, wie ich es an *Stygeoclonium*-Kugeln beobachtet habe, eine Zeit lang die Fähigkeit besitzen, in diesem Zustande eines einzelligen Organismus zu verbleiben und sich durch Theilung in eben solche Kugeln zu vermehren. In diesem Zustande sind sie mit der von Kützing als *Protococcus* bezeichneten Alge identisch. Das Zerfallen der Fadenalgen in protococcusartige Gebilde fand ich also bestätigt. Andererseits ist nichts leichter, als ein Heranwachsen dieser protococcusartigen Gebilde zu einem *Stygeoclonium* zu beobachten, was auch Kützing angiebt¹²⁾.

Es existirt also wirklich eine gewisse Beziehung zwischen den grünen kugeligen und fadenartigen Algenformen, wie es Kützing haben will, mit dem Unterschiede aber, dass die protococcusartigen Gebilde, welche den verschiedenen Fadenalgen entsprechen, keine Variationen eines und desselben Organismus sind, sondern ebenso von einander verschiedene Gebilde sind, wie die ihnen entsprechenden Fadenalgen. Es⁵⁾ ist ebenfalls wahr, dass ein Moosvorkeim aus einer protococcusartigen Zelle sich heranzubilden kann, nur muss auch hier anerkannt werden,

dass diese protococcusartigen Gebilde nicht identisch sind mit denjenigen, aus denen fadenartige Algen entstehen, sondern einem jeden Moosvorkeime eigene, durch das Zerfallen des Moosvorkeimes in seine einzelnen Zellen entstandene grüne Kugeln sind. Ein Zerfallen des Moosvorkeimes in seine Zellen habe ich öfters, besonders bei warmer Witterung, nachdem der Regen mehrere Tage ausgeblieben war, Gelegenheit gehabt zu beobachten; ich fand mehrere Male solche Moosvorkeime sowohl auf einem erdigen, als auch ganz trockenen sandigen Boden. Es ist mir ausserdem gelungen, mittelst Kultur in Salzlösungen entsprechende Veränderungen künstlich hervorzurufen. Die gewöhnlich cylindrischen Zellen des Vorkeimes nehmen dabei mehr oder weniger eine kugelförmige Gestalt an und werden nicht selten, sowohl durch Quer-, als auch durch Längswände getheilt. Eine sehr charakteristische, wenn auch nicht immer zum Vorschein kommende, Eigenthümlichkeit des in seine Zelle sich auflösenden Vorkeimes seiner ganzen Ausdehnung nach besteht in der Bildung einer Menge ganz sonderbarer Zellen, die immer einzeln zwischen je zwei grünen Zellen eingeschaltet werden. Sie werden, soviel ich bis jetzt beobachten konnte, auf die Weise gebildet, dass der grüne Inhalt einer normalen Zelle des Vorkeims von dem einen Ende der Zelle sich zurückzieht, und dann flach gegen dieses farblose Ende, welches demungeachtet mit dem farblosen Protoplasma erfüllt bleibt, sich abgrenzt. An dieser Stelle wird dann eine Querwand gebildet, und die Mutterzelle also in eine grüne und eine farblose Zelle getheilt. Bisweilen wurden auch in der farblosen Zelle mehrere Chlorophyllkörner zurückgelassen und es wird manches Mal ganz deutlich ein zellenkernartiges Gebilde beobachtet. Gewöhnlich sind die farblosen Zellen kurz, so dass ihre Länge sogar um $1\frac{1}{2}$ Mal von ihrer Breite übertroffen wird, seltener kommt das umgekehrte Verhältniss zum Vorschein. Die Bedeutung dieser Zellen ist mir ganz unaufgeklärt geblieben; ihre Natur wird noch dadurch räthselhafter, dass sie manchmal, unter dem Augenscheine nach wenigstens ganz identischen Umständen, gänzlich wegbleiben können. Ob ferner das Erscheinen dieser Zellen durch äussere Umstände hervorgebracht wird, oder ob es nur dem Vorkeime gewisser Moose eigenthümlich ist, und deshalb nicht in allen von mir beobachteten Fällen zum Vorschein kam, kann ich nicht ent-

12) Kützing. Phycologia generalis, p. 253.

20 a, 22, 23, 24, 25, 26 anormale, sich entwickelnde Zoosporen. Fig. 18 a und 19 a sind Entwicklungszustände einer und derselben Zoospore. Die beigegebenen Figuren zeigen ganz deutlich, dass die anormalen Zoosporen mit der Zeit den übrigen fast gleich kommen und erweisen sich ebenfalls mit dem grünen Bläschen und der Vakuole versehen.

Fig. 21 und 22. In Theilung begriffene, in Zoosporangien sich umwandelnde Zoosporen. Fig. 23, 24, 25. Verschiedene Entwicklungszustände einer und derselben anormalen Zoospore. Fig. 26. Eine anormale Zoospore, welche in der Mutterzellenmembran gekeimt hat.

Fig. 27 und 28. *Lymnodictyon Roemerianum*, hervorgegangen aus Chlorococcumzellen.

Fig. 29 — 35. Chlorococcumkugeln, die in der 3% Lösung zu unregelmässigen Massen auswachsen und dabei sich auch oft schon ausserhalb der Mutterzellenmembran theilen.

Tafel II.

Protococcus viridis (36 — 62), *Conferva spec.* (62 — 72).

Fig. 36. Eine halb erwachsene Protococcuskugel.

Fig. 37. Die Zoosporen im ersten Momente nach ihrem Austritt. Sie sind noch von der inneren zarten Membran der Mutterzelle umgeben und in Haufen zusammengedrängt.

Fig. 37 (a, b, c, d, e). Frei schwimmende Zoosporen. a und b. Zoosporen, welche sich am Rande des Tropfens zwischen die schon zur Ruhe gekommenen hineinzwängen und ihre beiden Wimpern nach hinten kehren. c, d, e. Zoosporen mit J behandelt.

Fig. 39. a, b, c. Unbewegliche, zur Kugel heranwachsende Zoospore in verschiedenen Stadien der Entwicklung.

Fig. 40 und 41. In Theilung begriffene Protococcuskugel in der 3% Lösung der Salze.

Fig. 42 — 46. Protococcuskugeln, welche sich getheilt haben; einige ihrer Theilungsproducte wachsen zu unregelmässigen Körpern aus.

Fig. 47, 48, 49 und 51. Protococcuskugel, welche zu botrydiumartigen Gebilden auswachsen.

Fig. 50. Eine Protococcuskugel, welche, mit Auswüchsen versehen, sich nach der Art typischer Protococcuskugeln getheilt hat und die Theilungsproducte,

von einer inneren zarten Membran umgeben, hervortreten lässt.

Fig. 52 — 56. Unregelmässige Formen, in welche die Protococcuszellen in der 3% Lösung sich umgestalten.

Fig. 57. Ein anormales Theilungsprodukt, welches in der Mutterzelle liegen geblieben ist. Die Mutterzellenmembran ist stark aufgequollen.

Fig. 58. Ein anormales Theilungsprodukt des Protococcus, welches heranwachsend die ihn umgebende Membran gesprengt hat und sie abstreift.

Fig. 59. Ein eben solches Gebilde in der Theilung begriffen.

Fig. 60. Zwei Protococcuszellen, von denen die eine die Cylinderform angenommen hat.

Fig. 61 a. Ein ebensolches Gebilde, welches seine Membran gesprengt hat und aus ihr an einem Ende herauswächst. b. Dasselbe Individuum am folgenden Tage, wo es in eine Menge Kugeln zerfallen ist, die im Begriff sind, sich von einander zu trennen.

Fig. 62 a. Eine mit einem sonderbaren seitlichen Auswuchse versehene Protococcuszelle. b. Dieselbe im weiteren Entwicklungsstadium. Sie ist stark gewachsen; der Inhalt hat sich in zwei Theile getheilt, von denen der eine im cylindrischen Aste, welcher, wie mir schien, durch eine Querscheidewand sich von dem übrigen Lumen abgesondert hat, sich befindet, der andere grössere Theil des Inhalts in dem kugeligen Theile des Protococcus geblieben ist, von dessen Membran, die stark gewachsen ist, sich zurückgezogen, mit eigener Membran umgeben hat und in eine Menge kleiner Zellen zerfallen ist.

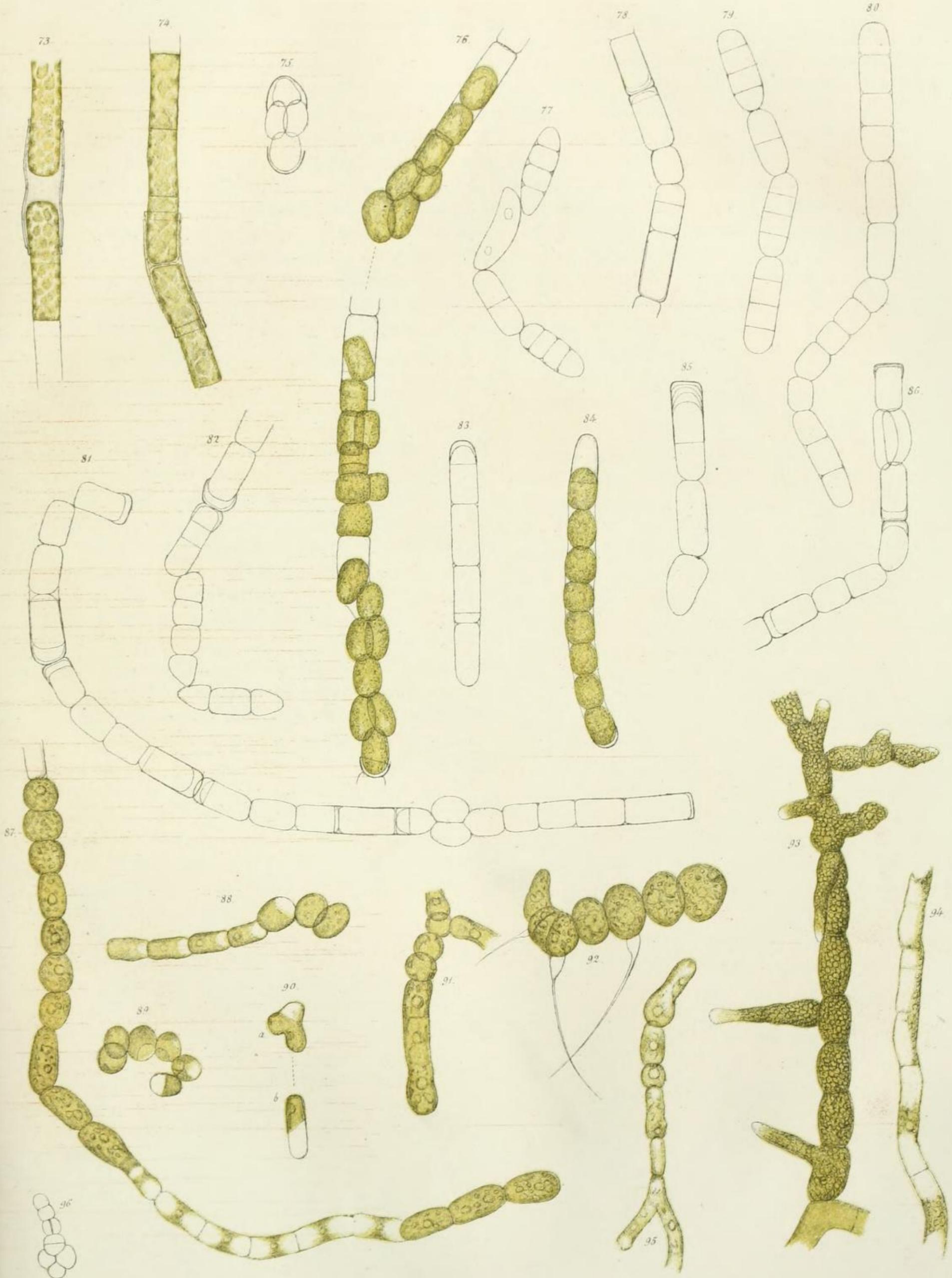
Fig. 63, 64, 65, 66. Verschiedene Entwicklungszustände einer und derselben Zellenreihe der *Conferva spec.* Diese *Conferva*, welche (s. Fig. 63) nach einer mehrwöchentlichen Kultur im Tropfen Wasser theilweise mit Öltropfen gefüllt ist und ihre lebhaft grüne Farbe eingebüsst hat, erlangt während des Verweilens in der 1/2% Lösung allmählich ihr früheres Aussehen (Fig. 64, 65, 66). Die Öltropfen sind verschwunden und das wiederezeugte Chlorophyll in eine Menge Chlorophyllkörner zerfallen. — NB. Leider habe ich zu der Zeit, als diese Zeichnungen gemacht wurden, mein Augenmerk nur auf den Zelleninhalt gelenkt und wenig Acht auf die gesprengte Zellenmembran gegeben, weshalb ich auch nicht angeben kann, ob die in der Zeich-



Chlorococcum infusionum Menegh.



Protococcus viridis (1-62) Conferva (63-72).



Conferva (73-86). *Stigeoclonium stellare* (87-95). *Pleurococcus viridis*. 96

nung fehlende lange Membrankappe übersehen worden ist oder an einem in der Zeichnung nicht aufgenommenen Theile des Fadens sich befand.

Fig. 67. Ein Confervafaden, aus sich abrundenden Zellen bestehend. In einer jeden Zelle ist eine centrale Vakuole zu beobachten.

Fig. 68. Zwei Zellen eines Confervafadens, in dem in Folge der Kultur in feuchter Atmosphäre das Chlorophyll fast gänzlich verschwunden ist und die Zellen in sich Öltropfen in Menge erzeugt haben.

Fig. 69, 70, 71. Die schmale Confervaform mit den sonderbaren kugeligen Anschwellungen.

Tafel III.

Conferva spec. (73—87). *Stygoeclonium stellare* (87—95). *Pleurococcus vulgaris* (96).

Fig. 73 und 74. Confervafäden mit zwei in einander geschalteten Scheiden. Den in Fig. 73 befindlichen farblosen Zwischenraum weiss ich nicht zu deuten.

Fig. 75. Ein frei liegendes, in der Theilung begriffenes Glied der Conferva.

Fig. 76. Ein Theil eines Confervafadens, dessen Zellen in je acht Glieder zerfallen, welche nach dem Bersten der äusseren Membran noch eine Zeit lang durch die innere Membran festgehalten werden und dann ganz frei zu liegen kommen.

Fig. 77. Vier frei liegende Glieder einer Conferva, welche sich abermals getheilt haben.

Fig. 78, 79, 80. Entwicklungszustände eines und desselben Fadens.

Fig. 81 — 86. Ebensolche Confervazellen, welche nach dem Bersten in 4 — 8 Glieder zerfallen.

Fig. 87. Ein *Stygoeclonium stellare*-Faden, welcher aus zweierlei Zellen besteht, die sich theilweise in Kugeln verwandeln.

Fig. 88. Ein aus mehreren Zellen bestehender Faden, die sich zu Kugeln umgestalten und von einander trennen.

Fig. 89. Sechs solcher Kugeln, welche sich schon vollständig isolirt haben, aber noch neben einander liegen.

Fig. 90 a und b. Zwei ebensolche isolirte Zellen, welche aber keine Kugelform angenommen haben.

Fig. 91. Ein ebensolcher, in kugelige Zellen sich auflösender Faden.

Fig. 92. Fünf aus einem Luftaste entstandene protococcusartige Kugeln, von denen zwei auf der linken Seite gelegene und die mittlere, auf der Oberfläche des Wassers kultivirt, schon zu keimen beginnen, indem sie theilweise zu einem grünen Faden sich ausdehnen und dabei auch farblose Fäden ausschicken, die sich aber mit der Zeit auch mit Chlorophyll füllen.

Fig. 93. Ein aus perlschnurartigen Zellen bestehender und sich verzweigender Luftast

Fig. 94 und 95. Zwei Wurzeläste.

Fig. 96. Ein zu einem confervaartigen Gebilde auswachsender *Pleurococcus vulgaris*.

Buddhistische Fragmente. Von Joh. Minayeff.

(Lu le 13 avril 1871.)

Je genauer wir mit der Vergangenheit Indiens bekannt werden, je umfassender und je eingehender wir seine alte Literatur kennen lernen, desto sicherer und klarer stellt es sich heraus, dass die Entwicklung seiner Civilisation nicht unberührt geblieben ist von dem Einflusse des Westens, und dass anderer Seits die indische Civilisation sich nicht ohne Einwirkung auf die Cultur des Westens entwickelt hat¹⁾. Die Nachrichten, welche über die Verbindungen Indiens mit dem Westen zu uns gelangt sind, sind so unvollständig und lückenhaft, die Wege, auf denen der Einfluss des Westens nach Indien drang und auf denen ebenso umgekehrt Indien auf den Westen einwirkte, sind so wenig in's Klare gebracht, dass jede neue Thatsache, welche von dem Vorhandensein solcher Verbindungen und von Spuren derselben im Gedächtniss des Volkes zeugt, für die geschichtlichen Forschungen von Bedeutung sein muss. Es ist nicht zu bezweifeln, dass eine genauere Bekanntschaft mit der reichen buddhistischen Literatur vor allen Dingen viel dazu beitragen wird die Beziehungen Indiens zu dem Westen aufzuklären. Einige bis jetzt unbekannte Nachrichten dieser Art enthalten zwei kleine Bruchstücke, deren Text nebst Übersetzung unten folgt.

Das erste derselben handelt über einige Arten²⁾

1) Vergl. Weber, Indische Skizzen S. 69 ff.

2) Das erste Bruchstück ist dem Werke «Sârasaṅgaha» entnommen; die Beschreibung dieses Werkes befindet sich in dem Verzeichniss der Kopenhagener Handschriften: Codices Orientales Bibliothecae Regiae Havniensis. Pars prior, p. 47. Das zweite ist aus