

Zur Kenntnis der niederen Chlorophyceen.

Von

Rudolf Gerneck, Geisenheim a. Rh.

Mit Tafel XI und XII.

Gelegentlich einer Vorlesung über die Physiologie niederer Kryptogamen, die Herr Professor Berthold im Wintersemester 1901/02 hielt, wurden eine Anzahl Kulturen zur Isolierung niederer Algen angesetzt, und es gelang sehr bald, dabei neben zahlreichen wohlbekanntem Formen auch mehrere neue Typen zu erhalten. Dieses Algenmaterial wurde von Herrn Professor Berthold mir zur weiteren Kultur und näheren Untersuchung übergeben, die von Interesse erschien, da ja die Kenntnis gerade der niederen Algenformen aus naheliegenden Gründen eine noch recht mangelhafte und unbefriedigende ist. Die zwecks Beobachtung in Kultur genommenen Formen gehören sämtlich den Chlorophyceen an; die ebenfalls in einer Reihe von Arten isolierten Diatomeen und Cyanophyceen wurden nicht weiter verfolgt.

Das Algenmaterial, aus dem die verschiedenen Formen erhalten wurden, stammte aus der näheren Umgebung Göttingens, und zwar hauptsächlich aus mehreren kleinen Tümpeln, die sich auf dem „Kleinen Hagen“, einem niedrigen, längs der Leine verlaufenden Hügelrücken nordwestlich von Göttingen, befinden. Es wurde etwa sechs Monate vor Beginn der Isolierung diesen Tümpeln entnommen und bis dahin in großen Schalen vor den Nordfenstern des Pflanzenphysiologischen Instituts gehalten. Weiteres zu den Kulturen verwendetes Algenmaterial fand sich am Abhang des Hainberges auf der Erde einer Lehmgrube, wo gelegentlich Botrydium auftritt, und im Teich des Botanischen Gartens, wieder anderes wurde von Gartenmauern und Baumstämmen gesammelt.

Für die Isolierung der einzelnen Algenformen wurde ein wenig des unreinen Materials mit sterilem Wasser stark verdünnt, verrührt und hierauf in der Mehrzahl der Fälle mit einem feinen Zerstäuber auf Petrischalen, die keimfreien Nähragar enthielten, ausgespritzt. Diesen Nähragar stellten wir nach der von Beijerinck in seiner „Notiz über *Pleurococcus vulgaris*“ angegebenen Methode

her, indem wir die von ihm gewählte Nährlösung, die ich im folgenden kurz mit „Beijerincks Nährlösung“ bezeichnen will:

100 H₂ O
 0,05 NH₄ NO₃
 0,02 KH₂ PO₄
 0,02 Mg SO₄
 0,01 Ca Cl₂
 Spur Fe SO₄

mit 2⁰/₀ Agar-Agar versetzten. Den Agar hatten auch wir vor dem Gebrauche einige Tage lang mit destilliertem Wasser ausgelaugt, um ihn der löslichen organischen Stoffe zu berauben. Dieser Isolierungsart bedienten wir uns hauptsächlich für die Gewinnung unseres Kulturmaterials und erzielten auch mit ihr sehr gute Resultate.

Daneben benutzten wir aber noch andere Trennungsmethoden. So tränkten wir sorgfältig gereinigte und zum Teil noch ausgeglühte Blumentöpfe mit Beijerincks Nährlösung, stellten je einen derselben umgekehrt in eine zur Hälfte mit Beijerincks Lösung gefüllte Glasschale und brachten Schale mit Topf nach dem Sterilisieren unter eine feuchte Glocke. Hierauf wurde die dem Fenster zugekehrte Seite des Topfes mit dem verdünnten Algenmisch auf die gleiche Weise wie die Agarplatten bespritzt. Endlich verwendeten wir zur Isolierung der einzelnen Algenformen noch große Bechergläser, die zur Hälfte mit angefeuchteter Erde gefüllt, im Autoklaven an zwei aufeinander folgenden Tagen je eine halbe Stunde lang bei 120⁰ C. sterilisiert und dann unter eine feuchte Glocke gebracht wurden. Die Erde erwies sich gleich wie der Nähragar und die Blumentöpfe als guter Nährboden für die aufgespritzten Algen, war diesen sogar in mancher Hinsicht überlegen, indem auf Erde neben grünen Algen auch Diatomeen und Cyanophyceen sehr gut gediehen, während dies auf den Blumentöpfen und noch mehr auf Agar nur für eine geringere Anzahl von Formen der Fall war; ebenso gelangten Moosprotonemen auf der Erde sehr schön zur Entwicklung. Diese auf steriler Erde angesetzten Kulturen waren außerdem insofern von Vorteil, als sie über ein Jahr hindurch ein Abimpfen der einzelnen Algenkolonien gestatteten.

Alle isolierten Algenformen wurden zunächst in Erlenmeyerkolben von 100—125 ccm Inhalt, die mit 50—60 ccm steriler Beijerinckscher Nährlösung beschickt waren, kultiviert. Die Kölbchen waren mit Watte verstopft und zur Verminderung des Verstaubens und des Eindunstens ihres Inhalts mit Glashütchen überdeckt. Die Kolben erhielten ihren Standort an einem Fenster, das vor direkter Sonnenbestrahlung im Winter gänzlich, im Sommer fast ganz geschützt ist. Es gelang so, die Algen 2 bis 2¹/₂ Jahre ununterbrochen zu kultivieren und lebend zu erhalten, ehe die Wasserverdunstung ein Überimpfen in ein anderes Kölbchen oder Zusetzen von neuer steriler Lösung in die alten Erlenmeyerkolben nötig machte.

Einige der beobachteten Formen gediehen indessen nicht sonderlich gut in der Beijerinckschen Lösung, wohl aber trat lebhaftes Wachstum und reiche Entwicklung ein in der von

Tollens angegebenen Nährsalzlösung, die ich in einer Konzentration von 0,2% (also die doppelte Konzentration der Beijerinckschen Lösung) anwendete.

Neben der Kultur in Lösung wurde ein Teil der Formen dauernd auf Petrischalen, die Beijerincks Nähragar enthielten, gezüchtet oder auch in einer größeren Glasschale auf Sand, der mit der Nährlösung stark angefeuchtet war, oder schließlich auf feuchter steriler Erde. Petrischalen sowohl wie Glasschalen waren zwar nicht bedeckt, aber auf einem mit Wasser gefüllten und mit Glasglocke bedeckten Teller aufgestellt, so daß ein Eintrocknen des Substrates stark verzögert wurde. Zur Sterilisation wurden Glocken und Teller vor dem Gebrauche mit Sublimatlösung desinfiziert; für Luftzirkulation sorgte ein doppelt gebogenes, zwischen Glocke und Teller eingefügtes Röhrchen, das zur Verhinderung der Verstaubung lose mit Watte verstopft war.

Gestatteten, wie bereits gesagt, die Erlenmeyerkölbchen ein langdauerndes Kultivieren der Algen, so beanspruchten sie doch einen ziemlich großen Raum für sich. Deshalb bedienen wir uns jetzt nach erledigter Beobachtung und Untersuchung zur Aufbewahrung der einzelnen Formen nicht allzu schmaler Reagensröhrchen, die zu etwa $\frac{1}{3}$ mit Beijerincks Agar oder mit feuchter Erde oder Sand, der mit Beijerincks Lösung tüchtig durchtränkt ist, angefüllt sind. Dabei stellt man zweckmäßigerweise keine horizontale Substratfläche in den Röhrchen her, sondern bietet den Algen eine schräge Fläche dar, die einen verschieden hohen Feuchtigkeitsgrad aufweist, so daß sich die Algen, die in einem von unten nach oben geführten Strich aufgeimpft sind, in dem ihnen zusagenden Feuchtigkeitsoptimum entwickeln können. Der untere Teil der Sandoberfläche ist sogar am zweckdienlichsten mit der Nährlösung bedeckt zu halten. Die Reagensröhrchen werden mit Watte verstopft, mit Glashütchen bedeckt und sodann in ein derbwandiges Becherglas gestellt, das unten stark verdünnte Sublimatlösung enthält und das mit einer nicht fest aufsitzenden Glasglocke bedeckt wird. So ist der Luftwechsel nicht gänzlich unterbunden und gleichzeitig die Gefahr des Eintrocknens der Nährböden auf ein Minimum beschränkt.

Anfangs waren bakterienfreie Algenreinkulturen vorgesehen. Da die Algen aber auf den Isolierungssubstraten nur durch längere Arbeit von Bakterien zu befreien sind, so beschränkten wir uns darauf, die Bakterien nach Möglichkeit auszuschließen, zumal der Kulturverlauf ergab, daß Bakterien den Algenkulturen keinen erheblichen Schaden zufügten. Dagegen gelangten mit der Zeit Pilzmycelien durch die Verschlusswatte hindurch in die Erlenmeyerkolben, und die Pilze erwiesen sich nun als nachteilig für die meisten Algenformen. Diese Gefahr wurde beseitigt, indem wir die Erlenmeyerkölbchen und ebenso die Reagensröhrchen für die Dauerkulturen mit Watte verstopften, die mit 1% Sublimatlösung getränkt und sodann im Trockenschrank getrocknet war.

Reinkulturen von Algenformen mit Hilfe der Isolierung auf Agarplatten und anderen festen Substraten sind, wie bekannt, neuerdings von verschiedenen Forschern durchgeführt worden, zum Teil auch unter Ausschluß aller Mikroorganismen. Wegen

der zur Erzielung von Reinkulturen im einzelnen angewendeten Methoden sei auf die am Ende der Abhandlung in der Literaturübersicht angeführten Arbeiten dieser Botaniker verwiesen. Ich will hier nur die Hauptnamen geben: Beijerinck, der als erster bakterienfreie Reinkulturen verschiedener Algen herstellte, Krüger, Artari, Chodat, Grintzesco, Senn, Wille, Richter, Frank und die Franzosen Radais, Matruchot, Molliard und Charpentier.

A. Spezieller Teil.

Chlorosarcina.

1. Chlorosarcina minor.

Tafel XI; Fig. 1—3.

Diese in Tollensscher Nährlösung kultivierte Form bildet infolge Teilung nach drei Richtungen des Raumes Sarcina-artige Pakete, bietet daher ein Bild dar wie *Pleurococcus*, von dem sie sich jedoch durch Bildung von Schwärmsporen unterscheidet.

Die einzeln liegende Zelle hat Kugelgestalt (Fig. 1), die jedoch bereits nach der ersten Teilung verloren geht, indem die Zellen an der Teilungswand mehr oder weniger abgeplattet sind (Fig. 2). In den Paketen sind dann die Zellen an den Innenwänden polygonal begrenzt (Fig. 3). Der Durchmesser der Einzel- und der Paketzellen beträgt 7,5—9 μ , ist also etwas größer als der von *Pleurococcus vulgaris*, wo er 3—7 μ beträgt (nach Artari [1]).

Der Zellinhalt ist in der Tollensschen Lösung körnig und infolgedessen ein wenig undeutlich. Jede Zelle besitzt ein wandständiges zartes Chromatophor von der Gestalt einer mehr oder weniger geschlossenen Hohlkugel; es schließt ein deutliches Pyrenoid ein (Fig. 1). Der Kern ist ohne Färbung nicht sichtbar, er ist zentral gelegen. Die Zellmembran ist dünn, dafür tritt bei ausgewachsenen Zellen Gallertausscheidung ein. — Das Protoplasma ist, wie soeben gesagt, stark körnig; dies rührt von der großen Menge aufgestapelter Reservestoffe her, und zwar wird erstens so viel Stärke gespeichert, daß mit Chloraljod behandelte Zellen tiefblau erscheinen, und tritt als zweites Reservematerial in reichlichem Maße fettes Öl von gelblich-roter Farbe auf, das älteren Kulturen schon makroskopisch eine schön orangerote Färbung verleiht.

Die Vermehrung durch eine regelmäßig nach drei Richtungen des Raumes erfolgende vegetative Teilung ist sehr ausgeprägt und charakteristisch. In Tollens' Lösung entstehen hierdurch sehr große, paketförmige Klumpen, und um diese Klumpen herum stellt sich nun eine mit dem Alter der Kultur zunehmende Gallertausscheidung ein, bis sie in alten Kulturen riesig entwickelt ist und die großen Pakete vollkommen einhüllt.

Chlorosarcina bildet Zoosporen, und zwar erhielt ich die reichlichste Schwärmerbildung, wenn ich ein wenig des Kulturmaterials aus der Tollensschen Lösung in einen Tropfen salzarmes Regenwasser brachte und das Hängetropfenpräparat für die

Dauer einer Nacht verdunkelte. Bereits in der Nacht beginnt die Gallerte, welche die Pakethaufen umgibt, zu verquellen und den Zellverband auf diese Weise zu lockern. Bringt man die Hängetrophenpräparate ins Licht, so tritt eine wesentliche Beschleunigung der Gallertverquellung ein, wobei man deutlich beobachten kann, daß der Verquellungsprozeß nicht gleichmäßig erfolgt, da die Zellen ruckweise auseinander rücken. Während der Gallertverquellung zerfällt nun jede Zelle in der Regel in vier Zoosporen und nur in dem Falle in zwei, wenn die betreffende Zelle erst kurz zuvor durch Teilung entstanden ist. Die Schwärmer bewegen sich noch eine Zeit lang in ihrer Zelhöhle, bevor sie vollkommen frei werden. — Die Gestalt der Schwärmer ist stets eine lang-ovale; vorn sind sie zugespitzt, am hinteren Körperende meist abgerundet. Die Länge der Zoosporen beträgt $10,5 \mu$ im Maximum, ihre Breite in der Regel 3μ und im Höchsthalle $4,5 \mu$. Es sind zwei Geißeln von je 12μ Länge vorhanden, die nach dem Konservieren fast stets gespreizt standen. Im Innern der Schwärmer läßt sich ein wandständiges becherförmiges Chromatophor mit einem Pyrenoid erkennen; auch die Schwärmer weisen ein körniges, oft durch fettes Öl gerötetes Plasma auf. Ferner sind ein, zuweilen aber auch zwei Augenflecke zu beobachten. Kopulation trat nicht ein.

Hielt man Kulturmaterial zwei Tage hindurch dunkel im Hängetrophen, so trat nach erfolgter Belichtung neben der ersten Schwärmerform noch eine zweite Art von Zoosporen auf, die nach nur eintägiger Verdunkelung nicht zu finden waren, und die sich von der ersten Form sofort durch ihre elegante, schlanke, leicht biegsame und sehr geschmeidige Gestalt unterscheiden ließen. Der innere Bau ist der gleiche wie bei der ersten Art, die äußere Form jedoch lang, schmal, stabförmig. Ihre Länge beträgt $13,5 \mu$, ihre Breite $2,3 \mu$; die beiden Cilien sind $10,5 \mu$ lang. Das Schicksal dieser zweiten Schwärmerform blieb ungewiß; sie verharrten an der Stelle, wo sie zur Ruhe gelangt waren, ohne ihre Gestalt zu verlieren und ohne in Wachstum und Weiterentwicklung einzutreten. Diese Schwärmerversuche stellte ich mehrere Male hintereinander im Februar 1903 an mit älterem Material mehrerer in Beijerincks und in Tollens' Lösung gut entwickelter Kulturen.

Während in der Tollensschen Lösung gute und ziemlich schnelle Entwicklung eintrat, ließ sich in Beijerincks Lösung ein nur langsames und weit kümmerlicheres Wachstum konstatieren. Verschiedene Tatsachen bewiesen, daß diese Nährlösung der Alge nicht sonderlich zusagte. Stets fand sich eine viel größere Anzahl kranker und toter Zellen als in Tollens' Lösung. Nie sind so große Pakete anzutreffen; die Pakete sind zwar auch in Beijerincks Lösung schön und charakteristisch ausgebildet, aber stets klein, da sich nur bis 24 Zellen zu einem Paket vereinigt finden und höchstens am Rande der Flüssigkeitsoberfläche noch etwas größere Gruppen auftreten. Häufig sind nur einzeln liegende oder zu je zwei vereinigte Zellen vorhanden. Gallerte zeigt sich bloß in ganz dünner Schicht um die Pakete herum.

Die Zellen sind im Kolonieverband bis $13,5 \mu$ lang und bis 10μ breit, also größer als in Tollens' Lösung. In Tollensscher

Lösung hat demnach eine lebhaftere Teilung stattgefunden als in der weniger konzentrierten und weniger zusagenden Beijerinckschen Lösung.

Das Plasma ist nicht so stark körnig und infolgedessen reiner grün gefärbt. Seinen Grund hat dies darin, daß die Alge weniger Reservestoffe als in der Tollensschen Lösung speichert; denn es ist weit weniger Stärke nachzuweisen, und fettes Öl fehlt außer in einigen Zellen vom Rand der Flüssigkeitsoberfläche, wo es aber auch nur in Spuren sichtbar ist. Die Stärke tritt namentlich um das Pyrenoid herum auf.

Auf Beijerincks Nährsalzagar wächst die Form in Gestalt schöner großer Pakete, deren Zellen tiefgrün gefärbt und sehr eng zusammengelagert sind. Die Zelllänge wurde zu 15μ und die Breite zu 9μ ermittelt; also auch auf Agar größere, Reservestoff-ärmere Zellen als in Tollensscher Lösung.

2. *Chlorosarcina elegans*.

Chlorosarcina elegans wurde nur für kurze Zeit in Beijerincks Lösung kultiviert; durch einen unglücklichen Zufall ging sie verloren, so daß eingehende Kulturversuche wie bei *Chlorosarcina minor* nicht möglich waren.

Auch diese zweite *Chlorosarcina*-Spezies, die gleich wie *Chlorosarcina minor* aus den Tümpeln des Kleinen Hagen stammt, teilt sich vegetativ regelmäßig nach drei Richtungen des Raumes, wodurch Pleurococcus-artige Zellverbände entstehen. Größere Paketgruppen kommen nicht zu stande; ob auch bei dieser Form ebenso wie bei *Chlorosarcina minor* die Tollenssche Lösung die Bildung größerer Paketkomplexe begünstigt hätte, ließ sich infolge des Verlustes der Stammkultur nicht feststellen. Im allgemeinen bildet *Chlorosarcina elegans* sogar kleinere Kolonieverbände als *Chlorosarcina minor* in dem gleichen Kultursubstrat, sonst aber gedeiht sie schneller und besser in der Beijerinckschen Lösung als die kleinere Art.

Die Einzelzellen sind rund oder ein wenig ellipsoidisch und messen mindestens 6μ im Durchmesser. Die größten Zellen im Paketverband erreichen eine Länge von 27μ und eine Breite von 23μ ; *Chlorosarcina elegans* ist also größer als *Chlorosarcina minor*.

Der Zellbau ist zarter als der von *Chlorosarcina minor*. Das Plasma erscheint nie gekörnelt, weshalb die Zellen noch lebhafter grün gefärbt sind als die in Beijerincks Lösung gewachsenen Zellen der kleineren Art. Jede Zelle besitzt ein wandständiges hohlkugelförmiges Chromatophor, das sehr zart ist und ganz feine Konturen aufweist. Ein Pyrenoid ist im Gegensatz zu dem Befunde bei *Chlorosarcina minor* nicht nachzuweisen. Dagegen ist bei dieser Form der Zellkern sehr deutlich und zusammen mit seinem Nucleolus schon ohne jegliche Färbung klar erkennbar; er ist groß und liegt ziemlich peripher da, wo sich der Einschnitt des Chloroplasten befindet. — Als Produkt der Assimilation läßt sich Stärke nachweisen, jedoch bloß sehr wenig in nur einigen Zellen, und zwar in feinen Körnchen. *Chlorosarcina elegans*

speichert also unter den gleichen Lebensbedingungen weniger Stärke als *Chlorosarcina minor*, und deshalb bewahrt sie stets den zarten, deutlichen Zellbau. Fettes Öl konnte während der kurzen Zeit der Kultur nicht gefunden werden. Die Membran der Zellen ist zart wie ihr Inhalt; vergrößert sich die Kolonie durch wiederholte Zellteilung, so reißt die gemeinsame Mutterzellmembran. Eine Vergallertung der Membran, die für *Chlorosarcina minor* so überaus charakteristisch war, ließ sich während der kurzen Kulturdauer niemals nachweisen; die Frage, ob sie in alten Kulturen oder in Tollens' Lösung sich bemerkbar gemacht haben würde, war nicht zu entscheiden.

Gleich wie *Chlorosarcina minor* hatte auch *Chlorosarcina elegans* Neigung zur Schwärmerbildung, sogar eine weit lebhaftere. Schon bei der Untersuchung des Kulturmaterials unter dem Deckglas in Regenwasser trat Reißen der Membran und Ausschwärmen der vorgebildeten Zoosporen in sehr kurzer Zeit ein. Die Zellen dieser Form zerfallen bei der Zoosporenbildung in eine große Anzahl kleiner Sporen, während bei *Chlorosarcina minor* vier Zoosporen im Maximum aus jeder der Zellen hervorgingen. Zuweilen schwärmten die Zoosporen nicht oder nur teilweise aus, sondern keimten noch in der Mutterzellmembran und machten daselbst sogar die ersten Teilungen durch. Leider wurde es versäumt, vor Verlust der Kultur die Schwärmer zu messen. Ihr Bau entsprach dem der Zoosporen von *Chlorosarcina minor*.

Planophila laetevirens.

Tafel XI; Fig. 4—6.

Planophila laetevirens wurde von einer Agarplatte isoliert, auf der ein Moosprotonema kultiviert wurde; Alge wie Moos stammen von der in der Einleitung erwähnten Lehmgrube. Ihr Hauptcharakteristikum besteht darin, daß sie sehr schnell und überaus leicht Schwärmer bildet, sobald man sie vom Agar oder von einem anderen festen Substrat in Wasser und aus einer Nährsalzlösung in neue Lösung oder in Regenwasser oder in destilliertes Wasser überträgt.

Auf Nährsalzagar gedeiht die Alge sehr gut und zeichnet sich daselbst durch ihre frische gelblichgrüne Farbe und einen feuchten Glanz aus.

Auch in Beijerincks Lösung, die als Hauptkulturflüssigkeit benutzt wurde, trat sehr gute Entwicklung ein, und zwar sowohl in Form loser, am Boden liegender Massen wie als Haut auf der Flüssigkeitsoberfläche. Makroskopisch sind junge Kulturen lebhaft grün gefärbt, nach 2—3 Monaten werden sie dunkelgrün.

Die Zellen sind kugelig oder weichen doch nur sehr wenig von der Kugelform ab (Fig. 4 u. 5). Der Durchmesser der Kugeln steigt bis auf $10,5 \mu$. — Das Zellinnere läßt ein Chromatophor erkennen, das peripher gelagert ist und die eine Kugelhälfte mehr oder weniger bedeckt. Der Chlorophyllkörper stellt sich nach dem Lichte ein; er verleiht jungen Zellen ein hell-, alten Zellen ein dunkelgrünes Aussehen. An der Innenseite des

Chloroplasten ist deutlich ein Pyrenoid sichtbar, das sich vor stattfindender Zellteilung verdoppelt. Der Zellkern tritt erst durch Färben mit Essigkarmin im chlorophyllfreien Zellteil hervor. Sehr häufig sind im Plasma 1—2 Vakuolen vorhanden, bei den auf Agar gewachsenen Zellen ist dies fast stets der Fall (Fig. 4 u. 5).

Vegetative Teilung: Jede Zelle teilt sich in zwei Tochterzellen, die sich aber sehr bald nach der Teilung trennen, so daß eine Vereinigung zu großen Komplexen nicht statthat. Deshalb läßt sich auch nicht sicher entscheiden, ob dauernd eine Teilungsrichtung beibehalten wird oder ob die Teilungen nach zwei Richtungen des Raumes erfolgen.

Zoosporenbildung: Man bekommt bereits eine sehr große Menge von Zoosporen, wenn man nur ein wenig des Algenmaterials aus der Lösung oder noch besser vom Agar in Regenwasser unter das Deckglas bringt. Die Schwärmer sind sehr lebhaft beweglich. Aus jeder Zelle entstehen in der Regel vier Schwärmer durch sehr schnell erfolgende successive Zweiteilung des Zellinhalts; aus besonders großen Zellen können aber auch sechs und acht Zoosporen entstehen. Sie werden durch Reißen der Membran frei; ihre Gestalt ist nur wenig gestreckt, fast kugelig. Im hinteren Körperende befindet sich ein becherförmiges Chromatophor mit einem Pyrenoid, am vorderen Körperteil ein seitlicher Augenfleck und vier Cilien. Der Durchmesser der Schwärmer beträgt bis 6μ , die Länge der Geißeln steigt bis $7,5 \mu$.

Als Reservestoff wird Stärke gespeichert, die bereits in jungen Kulturen reichlich am Chloroplasten vorhanden ist und in älteren Kulturen noch sehr beträchtlich an Menge zunimmt, so daß die Zellen gänzlich mit Stärke angefüllt sind. — Die Zellen, die an den Rand der Flüssigkeitsoberfläche gelangen und denen daselbst allmählich das Wasser entzogen wird, bilden eine Art Dauerzustand, indem der Inhalt körniger und etwas chlorophyllärmer wird. Gleichzeitig verdickt sich die Membran in geringem Maße, und zuweilen nimmt die Zelle ein wenig an Größe zu, oder es stellen sich gar etwas unregelmäßige Zellformen ein. Bei ganz alten Kulturen finden sich diese Dauerzellen, die ganz mit Stärke erfüllt sind, nicht nur am Rand, sondern auch in der Lösung selbst (Fig. 6).

In $0,5 \text{ ‰}$ Beijerincks Lösung (der Hälfte der gewöhnlichen Konzentration) sind die Zellen größer, nämlich bis 18μ Durchmesser, haben dickere derbere Membran und weniger Chlorophyll, was dieser Kultur schon makroskopisch eine hell gelbgrüne Farbe verleiht. Die verdünnte Lösung scheint also weniger zu behagen als die 1 ‰ Lösung. In allen Zellen ist sehr viel Stärke abgelagert, welche die Zelle in großen Körnern dicht anfüllt.

Auf steriler Erde gedeiht *Planophila* sehr gut in Form kleiner dunkelgrüner Häufchen; auch auf diesem Substrat trennen sich die Zellen fast unmittelbar nach der Teilung. Auf Erde sind gleich wie auf Agar in einem großen Teil der Zellen die Zoosporen vorgebildet, die dann kurz nach Übertragen dieser Zellen

in Wasser oder Lösung ausschwärmen. Aus den meist recht großen Zellen entstehen in der Regel je acht Schwärmer.

Chlorotetras asymmetrica.

Tafel XI; Fig. 7–15.

Diese Form, die gleichfalls aus dem Algenmaterial der Lehmgrube isoliert wurde, steht zweifelsohne *Planophila laetevirens* nahe, sie zeigt aber eine Anzahl von Besonderheiten, die es verbieten, sie der Gattung *Planophila* einzureihen. Der Hauptunterschied zwischen beiden besteht darin, daß bei *Chlorotetras* die Schwärmerbildung gegenüber der Vermehrung durch vegetative Teilung stark in den Hintergrund tritt, während ja bei *Planophila* die Haupteigenschaft in der überaus häufigen und leichten Schwärmerbildung zu erblicken war, der vegetativen Teilung hingegen weniger Bedeutung zukam.

Als Hauptkulturmedium diente auch hier die gewöhnliche Beijerincksche Nährlösung, in der sich diese Form allerdings im Gegensatz zu *Planophila* stets nur äußerst langsam und zu geringen Mengen entwickelte, obwohl eine große Anzahl von Erlenmeyerkölbchen mit *Chlorotetras* in Kultur genommen wurde. Nach Überimpfen vom festen Isolierungssubstrat (Agar) in die Lösung tritt Schwärmerbildung ein; die zur Ruhe gekommenen Zoosporen bedecken zuerst als kleine Zellen die Flüssigkeitsoberfläche, sinken aber beim späteren Wachstum zu Boden, wo sie kleine dunkelgrüne Häufchen bilden.

Die Zellen sind nie vollkommen kugelig wie die von *Planophila*, sondern stets etwas asymmetrisch gebaut, indem sie ein wenig ausgebuchtet sind (Fig. 7). Ihr Durchmesser erreicht eine Größe von $14,5 \mu$, so daß diese Form die *Planophila* an Größe in geringem Maße übertrifft.

Zellbau (Fig. 7): Jede Zelle besitzt einen Chloroplasten, der die Peripherie der einen Zellseite, und zwar meist etwas über die Hälfte der Peripherie, einnimmt und ein deutliches, scharf hervortretendes Pyrenoid umhüllt. Der Zellkern ist nicht ganz zentral, sondern nach der Zellseite hin gelagert, die chlorophyllfrei ist; meistens kann man ihn ohne jegliche Färbung erkennen. Stärke ist viel nachzuweisen, jedoch nicht in so beträchtlichen Mengen wie bei *Planophila*; sie ist am dichtesten um das Pyrenoid herum gelagert.

Vegetative Vermehrung: Die Vermehrung durch vegetative Teilung ist sehr ausgeprägt und häufig, sie findet succedan statt, und zwar in der Regel nach zwei Richtungen des Raumes (Fig. 8–11). Durch fortgesetzte Zweiteilungen entsteht in jungen Kulturen auf der Oberfläche der Lösung eine dünne Haut, die aus runden, in einer Ebene liegenden Zellen gebildet ist. Bald jedoch reißt diese Decke ein und sinkt in Bruchstücken auf den Boden der Gefäße. Alsdann findet man in den Kulturen hauptsächlich Gruppen von je vier Zellen (Fig. 9 u. 10); daneben aber ist häufig der Fall zu beobachten, daß alsbald nach vollzogener Teilung eine Trennung der Tochterzellen eintritt. Ob auch Teilung nach drei Richtungen des Raumes erfolgt, ließ sich nicht mit voller Sicherheit feststellen.

Schwärmerbildung: Trotz wiederholter Versuche ist es mir nicht gelungen, im Hängetropfen Schwärmer zu erhalten dadurch, daß ich Material aus der Nährlösung in Regenwasser oder destilliertes Wasser brachte. Ich erhielt sie erst beim Übertragen von Zellen einer Agarplatte, also eines festen Substrates, in das destillierte oder Regenwasser des hängenden Tropfens. Aus jeder Zelle entstehen normal vier, seltener sechs Schwärmer, die nur kurze Zeit in Bewegung sind und bald zur Ruhe kommen. Die Gestalt der Zoosporen ist eiförmig bis fast kugelig; sie messen $7,5 \mu$ in der Länge und bis 6μ in der Breite und besitzen vier Cilien von etwas mehr als Körperlänge. Im hinteren Körperteil des Schwärmers liegt ein wandständiges Chromatophor mit Pyrenoid; ein Augenfleck ist nicht vorhanden.

In jeder Kultur, sobald dieselbe ein Alter von drei Monaten erreicht hat, beginnen die Zellen in einen Dauerzustand überzugehen, der schließlich in einjährigen Kulturen ganz allgemein wird. Die Bildung von Dauerzellen macht sich zuerst darin bemerkbar, daß die grüne Farbe mehr und mehr schwindet, und daß der ganze Zellinhalt körnig und daher undeutlich wird. Die körnige Struktur des Plasmas ist bedingt durch die Zunahme der Stärkemenge, die aber auch jetzt noch nicht so massig wie in alten Zellen von *Planophila* auftritt. Als weiterer Reservestoff kommt in den Dauerzellen noch ein fettes Öl hinzu, das ganz schwach rötlich gefärbt ist und ebenfalls reichlich gespeichert wird. Gleichzeitig mit diesen Umwandlungen des Zellinneren tritt Verdickung der Membran ein.

Aus den Dauerzellen entwickeln sich nun meist bei noch längerer Kulturdauer allmählich Involutionsformen (Fig. 12—15): Der Chloroplast verläßt seine normale Lage an der Peripherie der Zelle und rückt in die Zellmitte, lagert sich also unregelmäßig. Sodann erleidet die Membran weitere beträchtliche Verdickungen, und zwar ungleich starke an den einzelnen Zellseiten (Fig. 12 u. 15), worauf ein Absplittern ihrer äußeren Schichten eintritt, indem zuerst warzenförmige Erhebungen entstehen und diese sich dann loslösen (Fig. 13 u. 14). Zuweilen wird eine größere Anzahl Membranschichten auf einmal von der Zelle abgestreift. Während die Zellmembran diese krankhaften Mißbildungen erfährt, nimmt das Plasma der Zelle ab, und schließlich geht die Zelle zu Grunde. Diese Involutionsbildungen setzen jeder Kultur eine bestimmte Grenze des Gedeihens, und man muß acht geben, vorher in neue Lösung einzupfropfen. Das frühe Auftreten der Dauer- und Involutionszellen zeigt, daß die Beijerincksche Lösung nicht das geeignete Medium für die Alge sein kann.

Ich kultivierte deshalb *Chlorotetras* auch dauernd auf Nähragar, ohne jedoch auch hier ein üppiges Wachstum zu erhalten. Bau und Stärkegehalt der Zellen bietet auf Agar das gleiche Bild dar wie in Lösung; die Länge der Zellen beträgt bis $13,5 \mu$, ihre Breite bis 11μ . Makroskopisch erscheinen die Kolonien grasgrün.

Höchstwahrscheinlich würde die Form gleich wie *Planophila* sehr gut auf sterilisierter Erde gedeihen, dahingehende Versuche sind aber nicht angestellt worden.

Dictyococcus varians.

Tafel XI; Fig. 16–18.

Anfang November 1901 wurde zur Heranzucht von *Beggiatoen* ein großes Kulturgefäß mit Grabenwasser angefüllt, dem Schlamm, Rhizomstücke von *Acorus Calamus* und Gips beigegeben waren; aufgestellt war das Gefäß 5 Meter vom Fenster entfernt in einem Arbeitssaal, der durch vier nach Norden und ein nach Osten zu gelegenes Fenster erhellt wird. An dem dem Lichte zugewandten Rande der Oberfläche dieser Kulturflüssigkeit war im Sommer 1902 eine große grüne Algenform bemerkbar, die auf Nähragar isoliert wurde.

Entwicklung in Beijerincks Lösung: In Beijerincks Lösung trat eine nur recht langsame Entwicklung zu feinen Massen ein, die am Boden des Erlenmeyerkolbens lagen und lebhaft grün gefärbt waren. Unter dem Mikroskop zeigt sich, daß die Alge einzeln liegende Zellen von Kugelgestalt bildet, deren Durchmesser bis auf $16,5 \mu$ steigt (Fig. 16). In den kleinsten Kugelzellen, die zur Ruhe gekommene Schwärmer sind, trifft man nur einen Chloroplasten an, der sich aber sehr frühzeitig zu teilen beginnt, so daß schließlich in jeder Zelle eine größere Anzahl vorhanden ist. In den ausgewachsenen Zellen sind dann die Chromatophoren als wandständige polygonale Platten entwickelt, die nur schmale chlorophylllose Plasmastreifen zwischen sich lassen (Fig. 16) und nach innen zu unregelmäßig ein wenig vorspringen. Pyrenoide sind nicht nachzuweisen. Jede Zelle besitzt normal einen zentral gelagerten Kern; in den großen älteren Zellen treten jedoch zuweilen deren mehrere auf, höchstwahrscheinlich der Anfang der Zoosporenbildung. Die Zellmembran ist zart, auch noch im Alter; selten ist sie ein wenig verdickt, wohl aber kann sie gallertig aufquellen. Als Reservestoff findet sich Stärke, in den kleinen Zellen nur in Spuren, in den großen Zellen mittelviel bis viel, und zwar ist sie peripher in den stets wandständigen Chromatophoren gelagert.

Vegetative Teilung fehlt. Dagegen ließ sich stets einige Zeit nach dem Impfen in neue Kulturlösung konstatieren, daß im Kolben Schwärmen stattfand. Bei der geringen Entwicklung, zu der die Form in Lösungen gelangt, wurden jedoch keine systematischen Versuche zur Schwärmerzüchtung mit solchem Kulturmaterial angestellt, sondern zu diesem Zwecke Zellen benutzt, die auf Agar gewachsen waren.

Entwicklung auf Nähragar: Auf Agar gedeiht die Alge weit besser als in Beijerincks Lösung, so daß dieses feste Substrat als definitives Kulturmedium gewählt wurde. Auf Agar werden die Zellen viel größer als in Flüssigkeit, nämlich bis 57μ Durchmesser, und auch chlorophyllreicher, so daß sie schön saftiggrün erscheinen. Die Chromatophoren sind sehr scharf abgesetzt, haben sehr scharfe Konturen (Fig. 17). Die Chlorophyllplatten sind auf dem Agar dicker, so daß sie tiefer ins Zellinnere eindringen, als es in der Lösung der Fall ist. Bei vielen der großen Zellen haben sich die Chloroplasten sogar am Rande nach innen umgebogen, da ihre Größe ihnen nicht gestattet, sich gänzlich an

der Peripherie auszudehnen (Fig. 18). In der Lösung findet dieses Einbiegen der Chlorophyllplatten nur selten und dann in nur geringem Maße statt. Stärke ist in geringer bis mittelgroßer Menge peripher gespeichert; das Zellinnere ist frei von Stärke.

Schwärmerbildung: *Dictyococcus* bildet Zoosporen. Entnimmt man dem Agar ein wenig Material, so trifft man stets einige große Zellen an, deren Inneres in eine große Anzahl Sporen zerfallen ist. Auf künstlichem Wege habe ich schnell Schwärmerbildung bekommen durch Übertragen von Zellen ab Agar in Regenwasser und durch daran anschließende Verdunkelung der Hängetrophenpräparate. Die Zoosporen sind eiförmig gestaltet, 9μ lang, 6μ breit und mit je zwei Cilien von $7,5 \mu$ Länge versehen; sie kommen bald unter Abrundung zur Ruhe. Die Zahl der aus einer Zelle entstehenden Schwärmsporen ist groß, weshalb diese selbst relativ klein sind. Sie werden durch Verquellen der Membran frei; bestimmte Austrittsstellen existieren nicht. In jedem Schwärmer befindet sich ein becher- bis hohlkugelförmiges Chromatophor und am vorderen Ende ein Zellkern.

Cystococcus humicola.

Ganz allgemein hat man in den letzten Jahren die Namen *Chlorococcum* und *Cystococcus* für ein und dieselbe Algengattung angewendet, deren Arten sich sämtlich besonders durch ein hohlkugelförmiges Chromatophor mit Pyrenoid, durch die Fähigkeit, einen roten oder orangegelben Farbstoff zu produzieren und durch Bildung von Schwärmsporen infolge successiver Zweiteilung des Zellinhaltes auszeichnen; vegetative Vermehrung findet nie statt, weshalb die Gattung den Protococcaceen einzureihen ist. So ist z. B. auch Wille bei seiner Bearbeitung der Chlorophyceen in Engler-Prantls „Natürlichen Pflanzenfamilien“ verfahren.

Ich möchte nun nur für Formen, wie ich sie soeben kurz beschrieben habe, den Namen *Chlorococcum* angewendet sehen, während ich die Bezeichnung *Cystococcus* für eine andere, allerdings *Chlorococcum* nahestehende und ebenfalls zu den Protococcaceen zu rechnende Gruppe von Formen reservieren will. — Es möge nun eine Charakteristik der Gattung *Cystococcus* folgen, von der ich zwei Vertreter in Kultur genommen habe; beide stammen vom Kleinen Hagen.

Die Zellen der *Cystococcus*-Formen sind stets rund gleich wie die *Chlorococcum*-Zellen, denen gegenüber sie sich auch in verschiedenen anderen Beziehungen gleich oder doch wenigstens ähnlich verhalten. Der einzige Hauptunterschied zwischen beiden besteht darin, daß bei *Cystococcus* nicht ein einziges hohlkugeliges Chromatophor auftritt, sondern daß sich in jeder *Cystococcus*-Zelle eine große Anzahl peripher gelegener Chlorophyllkörner von der für höhere Pflanzen typischen Form finden. Ihre Zahl nimmt beim Wachstum der Zelle zu; Pyrenoide fehlen. Jede Zelle besitzt einen vollkommen oder fast zentral gelegenen Kern. Die Membran ist dünn, aber derb; in alten Zellen findet eine verschieden starke Verdickung statt. Stärke tritt in gesunden Zellen entgegen den Befunden bei *Chlorococcum*-Arten nicht auf; sie wird erst in erkrankten und bald absterbenden Zellen gebildet.

Als Hauptreservestoff wird gleich wie bei *Chlorococcum* ein fettes Öl ausgeschieden, das auch bei *Cystococcus* orangerot gefärbt ist und älteren Kulturen schon makroskopisch eine charakteristische Farbe verleiht. Hat die Kultur ein bestimmtes Alter erreicht, so finden sich in allen Zellen kleine orangefarbene Tröpfchen, die aus jenem fetten Öl bestehen. In weit beträchtlicherer Menge wird es in den Zellen gespeichert, die an den Rand der Flüssigkeitsoberfläche gelangen und daselbst allmählich austrocknen; in diesen Zellen nimmt die Menge des fetten Öles stark zu, die vielen kleinen Tröpfchen vereinigen sich zu einem großen orangeroten Tropfen, der nun die Zelle mehr oder weniger vollkommen anfüllt. Sobald das Öl in den Zellen erscheint, beginnt der Zellbau undeutlich zu werden.

Vegetative Vermehrung ist wie bei *Chlorococcum* nicht vorhanden. Dagegen findet, ebenfalls wieder gleich wie bei *Chlorococcum*, Schwärmsporenbildung nach succedanen Zweiteilungen, die nach allen Richtungen des Raumes erfolgen, statt. Bereits in den Kulturlösungen ist stets eine Anzahl der großen ausgewachsenen Zellen in viele kleine Sporen zerfallen, die dann unter passenden Verhältnissen ausschwärmen. Experimentell erhält man Zoosporen sehr reichlich, wenn man Zellen aus der Kulturlösung in salzarmes Regenwasser überträgt und das Präparat für die Dauer einer Nacht verdunkelt. Bereits im Dunkeln tritt vereinzelt Schwärmen ein, das beim Belichten alsdann ganz allgemein wird. Die Schwärmer sind klein und lang-spindelförmig; sie besitzen ein seitlich gelegenes, plattes Chromatophor, das aber auch nach hinten rücken kann und dann becher- bis hohlkugelförmig wird. In der vorderen Körperhälfte liegen der Kern und ein seitlicher Augenfleck. Die Zoosporen sind mit Hülfe zweier Cilien sehr lebhaft beweglich, und ihre Eigenschaft, daß sie recht wenig phototaktisch sind, sondern sich ziemlich gleichmäßig im Hängetropfen verteilen, verrät, daß sie wohl geschlechtlich sind. Bald gelang es nun auch, eine Kopulation der Schwärmer festzustellen, und zwar bei beiden in Kultur gehaltenen Formen. Eine Differenzierung der beiden verschmelzenden Schwärmsporen ist nicht wahrzunehmen. Die Vereinigung beginnt am Hinterende des Körpers und schreitet nach vorn weiter, wobei die zwei Insertionsstellen der beiden Cilienpaare noch längere Zeit deutlich sichtbar bleiben. Auch einige Zeit nach vollendeter Kopulation zu einer lang-spindelförmigen Zygosporie, die vier Cilien besitzt, dauert das Schwärmen noch an, wenn es auch langsamer und schwerfälliger als das der nicht kopulierten Zoosporen geworden ist. Kopulierte wie nicht kopulierte Schwärmer kommen schließlich zur Ruhe und runden sich zu Zellen ab, deren Durchmesser 2,5–4,5 μ beträgt. Es ist mir dann gelungen, diese gekeimten Schwärmer länger als eine Woche im Hängetropfen bei genügender Feuchtigkeit und unter sonstigen günstigen Bedingungen lebend und gesund zu erhalten, wenn auch kein sichtbares Wachstum in dem Regenwasser eintrat. Nur einige wenige nicht kopulierte Schwärmer waren abgestorben, ob infolge der Lebensbedingungen im Tropfen oder infolge zu stark ausgeprägter Sexualität, bleibt ungewiß. Die Kultur wurde dann abgebrochen.

Genau wie bei *Chlorococcum* können auch bei den beiden von mir untersuchten *Cystococcus*-Arten durch die successiven Zellteilungen nicht Zoosporen, sondern unbewegliche Akineten entstehen. In jungen, kräftig wachsenden Kulturen findet sich diese Erscheinung nicht, sondern erst in älteren Kulturen. Die Akineten werden durch Platzen der Mutterzellmembran frei und wachsen dann heran. Meist geht der Zerfall in Akineten nicht so weit wie der in Zoosporen und diese relativ großen Akineten bleiben lange in Form maulbeerartiger Gruppen zusammenhaften, auch wenn Platzen der Mutterzellmembran eingetreten ist.

Beide *Cystococcus*-Formen wurden hauptsächlich in Beijerincks Lösung kultiviert, daneben auch noch in Tollensscher Lösung und auf Nähragar. Sie gedeihen überall recht gut und waren makroskopisch kenntlich durch eine charakteristische hellgrüne bis schmutzig-hellgrüne Farbe, die in den Lösungen allmählich durch Anhäufen des fetten Öles in orange überging. Schön grasgrün gefärbte Kulturen gab es nie.

In alten Kulturen verdickt sich bei beiden Formen die Membran eigenartig in krankhafter Weise; sie ist nämlich an einer, nur sehr selten an zwei Stellen in Form eines kurzen, dicken, mehrschichtigen Stieles verdickt.

Beide *Cystococcus*-Arten stimmen auch darin überein, daß für beide eine Pilzinfektion sehr schädlich wirkt, da diese das Wachstum stark hemmt und verringert, ja sogar vielfach ein Absterben herbeiführt.

1. *Cystococcus humicola major*.

Kultur in Beijerincks Lösung: Gedeiht sehr gut und wächst schnell. Die Chlorophyllkörner sind groß und dick. Stärke tritt erst bei alten kranken Zellen in Spuren auf und kann schließlich kurz vor dem Absterben der Zelle in reichlicher Menge peripher abgelagert werden. Das orangefarbene Öl nimmt in den am Rande der Flüssigkeitsoberfläche gelagerten Zellen zuweilen so stark zu, daß es das Plasma an eine schmale Seitenzone der Zelle verdrängt. In alten Zellen verdickt sich die Membran wenig bis mittelstark. Der Durchmesser der ausgewachsenen Kugeln steigt bis auf 59μ . Die Schwärmer erreichen eine Länge von 9μ und eine Breite von 3μ , ihre Geißeln eine Länge von 6μ . Die Zoosporen werden durch Verquellung oder auch durch Reißen der Mutterzellmembran frei. *Cystococcus major* ist besonders charakteristisch durch die Häufigkeit des Auftretens der großen, in Maulbeerform vereinigten Akineten in alten Kulturen.

Die Kultur in Tollensscher Lösung ergab ein ebenso gutes Gedeihen wie die in Beijerincks Lösung; auch sonst machte sich in ihr keine Besonderheit gegenüber den in Beijerincks Lösung gewachsenen Zellen geltend.

Auf Nähragar ist die Entwicklung gleich gut wie in Flüssigkeiten, nur erfolgt sie langsamer. Es wird mittelviel Stärke, also mehr als in Lösungen, gespeichert; in alten Zellen erscheint vielfach das fette Öl, jedoch nicht in solchen Mengen wie in den beiden Lösungen. Die Zellen erreichen auf dem Agar einen Durchmesser von 51μ .

2. *Cystococcus humicola minor*.

Kultur in Beijerincks Lösung: Ebenfalls sehr gut und schnell gediehen. Die Chloroplasten sind wiederum groß und dick und zuweilen so dicht gelagert, daß sie sich polygonal abgrenzen. Stärke und fettes Öl tritt in der gleichen Weise und Menge wie bei der größeren Form auf, ebenso verhält sich die Membran gleich. Dagegen erreicht der Durchmesser der Zellen bei dieser zweiten Art nur einen Wert von 42μ . Die Schwärmer sind 11μ lang und 4μ breit, ihre Cilien sind $7,5 \mu$ lang; die kleinere der beiden *Cystococcus*-Formen besitzt also größere Schwärmer als *Cystococcus major*. Die Zoosporen werden durch einen Riß in der Mutterzellmembran entleert. Die maulbeerartigen Gruppen großer Akinetenzellen sind hier weit seltener und weniger schön entwickelt als bei der ersten Form.

In Tollensscher Lösung gedieh *Cystococcus minor* noch besser als in Beijerincks Lösung; ein weiterer Unterschied war weder makroskopisch noch mikroskopisch festzustellen.

Auf Nähragar gedeiht *Cystococcus minor* gleich wie *Cystococcus major* ebenso gut, aber langsamer als in Lösungen. Auch er speichert auf festem Substrat weniger fettes Öl, dafür jedoch mehr Stärke als in Lösungen; allerdings ist nie eine solche Menge Stärke nachzuweisen wie in den auf Agar gewachsenen Zellen von *Cystococcus major*. Auf Agar bleibt *Cystococcus minor* gleich wie in den Lösungen stets kleiner als *Cystococcus major*, ja der Durchmesser seiner Zellen steigt auf Agar nur bis $25,5 \mu$, erreicht demnach nicht einmal die Größe wie in Lösung.

Chlorococcum infusionum.

Die Algengattung *Chlorococcum* weist folgende charakteristischen Merkmale auf: Die kugeligen Zellen besitzen ein wandständiges Chromatophor, das mehr oder weniger hohlkugelförmig gestaltet ist, jedoch einen einseitigen Ausschnitt hat, und das ein Pyrenoid enthält. Als Assimilationsprodukt ist Stärke anzutreffen, und als weiterer Reservestoff findet sich stets noch ein fettes Öl. Die Membran junger lebenskräftiger Zellen ist dünn, die alter Zellen wird dick und deutlich mehrschichtig. Vegetative Zellteilung fehlt; durch succedane Teilungen nach allen Richtungen des Raumes entstehen Schwärmersporen, die oval gestaltet sind und zwei Cilien besitzen; in alten Kulturen werden durch die Teilungen an Stelle von Schwärmern unbewegliche Akineten gebildet.

Vertreter der Gattung *Chlorococcum* sind mehrfach beschrieben worden, so von Kirchner und Artari [1]; die Charakteristika der Gattung geben Chodat [4] und Wille [1] kurz an. Während die Aufstellung verschiedener *Chlorococcum*-Arten bei Kirchner nicht auf Reinkulturmaterial basiert, geht Artari bei seiner ausführlichen Beschreibung des *Chlorococcum infusionum* von reinem Kulturmaterial aus, das er in verschieden hoch konzentrierten Nährsalzmedien zog, und dessen ganzen Entwicklungsgang und Abhängigkeit von den ihm gebotenen Außenbedingungen er eingehend studierte.

Ich habe vier Formen von *Chlorococcum infusionum* in Kultur gehalten und hierbei besonders ihr Verhalten in den Nährmedien näher ins Auge gefaßt. Diese vier verschiedenen Formen unterscheiden sich in der Hauptsache hinsichtlich ihres Gedeihens in Beijerincks und Tollens' Lösung, der Zellgröße, dem Stärke- sowie Fettgehalt, der Schwärmergröße und bereits makroskopisch hinsichtlich der Färbung der Kulturen.

1. *Chlorococcum infusionum* I.

Die Haupteigenschaften dieser Art sind: die bedeutende Zellgröße und die enorm reiche Speicherung von orangefarbenem fettem Öl. Sie wurde auf einem Blumentopf aus Algenmaterial, das den Teichen des Kleinen Hagen entstammte, isoliert.

Kultur in Beijerincks Lösung: Die Form gedeiht hier sehr gut und bildet Häute an der Flüssigkeitsoberfläche, einen festen Belag an den Wänden des Erlenmeyerkolbens und lose Massen am Boden. Makroskopisch erscheint die Kultur hell- bis gelblichgrün.

Zellgröße und Zellbau: Die jungen Zellen, welche gekeimte Schwärmer darstellen, sind noch längere Zeit oval gestaltet, ehe Abrundung stattfindet. Der Durchmesser gesunder kräftiger Zellen aus jungen Kulturen steigt bis auf 54μ ; in alten (zweijährigen) Kulturen wurden jedoch Zellen von einem Durchmesser bis zu 135μ gefunden. Das Plasma ist schon in den kleinsten und jüngsten Zellen körnig; je größer dann die Zelle wird, um so körniger und undeutlicher wird ihr Inhalt. Der Chlorophyllkörper dieser Form ist zuweilen nicht hohlkugelig, sondern geringer entwickelt und dann becher- bis glockenförmig gestaltet; er ist dick und ragt weit ins Zellinnere hinein. Deshalb liegt das große Pyrenoid fast zentral; in den jungen Zellen ist dieses deutlich sichtbar, in den alten Zellen wird es durch Reservestoffe verdeckt. Vor beginnendem Zerfall der Zelle in Zoosporen streckt sich das Pyrenoid und teilt sich hierauf, so daß sich in großen Zellen häufig mehrere Pyrenoide finden. Jede Zelle besitzt einen ziemlich wandständig gelegenen Zellkern, der meist erst durch Färbungen sichtbar wird. Der Stärkegehalt nimmt mit dem Alter der Zellen und der Kulturen zu; die kleinsten Zellen enthalten sehr wenig, die größeren aus jungen Kulturen viel, die großen in alten Kulturen sehr viel. Stets ist die meiste Stärke um das Pyrenoid herum gespeichert, und zwar in Form feiner Plättchen. Sind die Kulturen etwa drei Monate alt geworden, so tritt als weiterer Reservestoff ein orangefarbenes fettes Öl auf, zuerst nur in Spuren, später jedoch sehr reichlich in mikroskopisch kleinen, gleichmäßig verteilten Tröpfchen, so daß in $1\frac{1}{2}$ Jahre alten Kulturen fast jede Zelle tief-orangerot gefärbt ist.

Die starke Anhäufung von Stärke und fettem Öl ist als Beginn der Bildung von Dauerzellen aufzufassen. Gleichzeitig mit der Anhäufung von Reservestoffen tritt Verdickung der Membran und abnorme Vergrößerung der Zellen, wie schon gesagt bis zu einem Durchmesser von 135μ , ein. Die typischen Dauerzellen zeichnen sich also durch ihre Größe, durch Anhäufung von Stärke und Fett und durch ihre stark verdickte, deutlich

mehrschichtige Membran aus. Stets ist zu beobachten, daß am Rande der Flüssigkeitsoberfläche die Bildung der Dauerzellen früher anhebt und ihre Phänomene typischer ausgeprägt erscheinen als in der Lösung; insbesondere ist die Membran der vom Rande entnommenen Dauerzellen stärker verdickt als die derjenigen Dauerzellen, welche in der Lösung verblieben sind. Verursacht wird die Entstehung der Dauerzellen wohl durch den Eintritt eines Mangels an anorganischen Nährsalzen in alten Kulturen, sehr befördert aber durch allmähliches Austrocknen der Zellen, wie es ja am Flüssigkeitsrande stattfindet. Die Dauerzellen verlieren schließlich zum großen Teile ihren Turgor und sterben ab, nachdem vorher die Membran gequollen ist und auch häufig ihre äußeren Schichten abgesplittert hat.

Schwärmsporen konnte ich leicht und in großer Menge erhalten, wenn ich etwas Material aus der Lösung in einen hängenden Regenwassertropfen brachte und für eine Nacht dunkel stellte. Die Schwärmer, die normal in großer Anzahl aus einer Zelle entstehen, werden durch Verquellen der Membran frei, sind sehr lebhaft beweglich, kommen aber bald zur Ruhe, ohne sich vorerst abzurunden. Sie sind länglich-oval und lassen am hinteren Ende einen glockenförmigen Chloroplast erkennen; ferner sind ein Pyrenoid und ein Augenfleck vorhanden, manche Zoosporen scheinen zwei Stigmata zu besitzen. Die Länge der Schwärmerzellen beträgt bis $9\ \mu$, ihre Breite bis $6\ \mu$ und die Länge der beiden Geißeln $10,5\ \mu$. Vielfach entstehen in der Lösung an Stelle von Schwärmsporen unbewegliche Akineten, die bereits in der Mutterzellmembran auskeimen. Besonders häufig finden sich Akineten in alten Kulturen durch Zerfall der Dauerzellen.

Kultur in Tollensscher Lösung: In dieser Nährsalzlösung gedeiht *Chlorococcum infusionum* I zuerst nur schlecht und langsam, später aber gelangt es in ihr zu einer fast gleich guten Entwicklungsstufe wie in Beijerincks Lösung. Über Zellbau und Schwärmerbildung ist nichts Neues zu sagen; die Dauerzellen sind jedoch in der Tollensschen Lösung reichlicher entwickelt und haben daselbst zwar etwas weniger Stärke, aber noch mehr fettes Öl gespeichert als die Dauerzellen in der Beijerinckschen Lösung. Stets treten auch hier am Rande infolge Wassermangels größere (bis $126\ \mu$ Durchmesser) und mehr Dauerzellen mit größerem Fettgehalte und stärkerer Membranverdickung auf als in der Flüssigkeit selbst. Manche der an den Rand der Flüssigkeitsoberfläche gelangten Zellen sind fast ganz angefüllt mit einem oder mehreren großen Tropfen des orangefarbenen Öles.

2. *Chlorococcum infusionum* II.

Diese Form, die ebenfalls aus dem Algengemisch des Kleinen Hagen isoliert wurde, ist dadurch von den anderen Spezies gut unterscheidbar, daß sie sich in Beijerincks Lösung kaum nennenswert entwickelt, in Tollensscher Lösung dagegen sehr gut gedeiht, und zwar sowohl an Boden und Wänden des Gefäßes wie namentlich als Haut auf der Oberfläche der Lösung. Als zweites Charakteristikum dieser Art ist die überaus leichte und häufige Bildung vegetativer Akineten anzuführen.

Kultur in Tollensscher Lösung: Die Kulturen sind makroskopisch lebhaft grasgrün gefärbt. Auch hier sind die gekeimten Schwärmer noch längere Zeit hindurch oval gestaltet, ehe Abrundung eintritt. Der Durchmesser normaler gesunder Kugelzellen beträgt 23μ , derjenige von Dauerzellen aus alten Kulturen bis 38μ . Die Zellen junger Kulturen sind tiefgrün gefärbt. Vom Chloroplasten, Pyrenoid und Zellkern gilt hinsichtlich Lage und Größe dasselbe wie bei *Chlorococcum infusionum I*. Auch diese zweite Form ist sehr reich an Stärke. In alten Kulturen treten ebenfalls große Dauerzellen auf, die einen undeutlichen körnigen Zellbau infolge gesteigerter Aufspeicherung von Stärke und reichlichen Auftretens von orangerotem fettem Öl aufweisen, und deren Membran sich stark verdickt und deutlich mehrschichtig wird. Die an den Flüssigkeitsrand gelangten Zellen zeigen die Eigenschaften der Dauerstadien besonders schön ausgeprägt.

Schwärmer habe ich auf die gleiche Weise wie bei der ersten *Chlorococcum*-Form leicht erhalten, Material aus alten Kulturen war naturgemäß nur schwer zur Schwärmerbildung zu veranlassen. Aus jeder Zelle entsteht normal eine große Anzahl Zoosporen; die äußeren Membranschichten platzen, die innerste Membranschicht dagegen wird zusammen mit der Schwärmermasse frei und hält die Zoosporen noch eine Weile eingeschlossen, bis sie verquollen ist. Der Aufbau der Zoosporen ist der nämliche wie bei *Chlorococcum infusionum I*, nur findet sich in ihnen oft fettes Öl, und der Chloroplast ist sehr klein und seitlich gelagert. Die ovalen Schwärmer sind bis 12μ lang und $7,5 \mu$ breit, demnach größer als die der ersten Spezies; die beiden Cilien besitzen Körperlänge. Wie schon kurz erwähnt, ist für diese Form charakteristisch, daß die Schwärmerbildung in der Kultur bald sistiert wird und an deren Stelle durch eine weniger weitgehende successive Teilung eine geringe Anzahl relativ großer Aplanosporen entsteht, die nicht ausschwärmen, sondern sich innerhalb der Mutterzellmembran weiter entwickeln. Letztere kann sodann nach begonnenem Wachstum der Akineten gesprengt werden, wobei oft ein Teil derselben als Kappe an den Akineten erhalten bleibt. Verdickt sich jedoch in alten Kulturen die Mutterzellmembran, so sind die großen Aplanosporen in eine dicke mehrschichtige Membran eingehüllt und ist auf diese Weise ein Ruhestadium geschaffen.

3. *Chlorococcum infusionum III*.

Die dritte *Chlorococcum*-Spezies, die um ein wenig größer als die zweite Form ist, charakterisiert sich den beiden schon besprochenen Arten gegenüber dadurch, daß sie nur wenig farbloses fettes Öl aufspeichert, daß ihre Schwärmer klein und schmal sind und daß Akineten kaum vorkommen. Kultiviert wurde *Chlorococcum infusionum III*, die gleichfalls vom Kleinen Hagen stammt, nur in Beijerincks Lösung, da die Form hier sehr schnell und sehr gut am Boden und an den Wänden des Erlenmeyerkolbens sowie an der Flüssigkeitsoberfläche als ziemlich dunkelgrüne Masse gedieh.

-Die jungen Zellen sind noch oval und werden erst nach einiger Zeit des Wachstums rund. Der Zelldurchmesser beträgt normal bis 26μ , er steigt in einjährigen Kulturen bis auf 39μ . Die tiefgrünen Zellen der jungen Kulturen sind gebaut wie die Zellen der anderen Spezies; jedoch bildet hier der dicke Chloroplast stets eine fast geschlossene Hohlkugel, die nach innen zu stark gelappt ist, da der Chloroplast nicht straff um das Cytoplasma herum liegt. Der Zellkern ist durch Essigkarmin leicht sichtbar zu machen; er liegt nach dem Ausschnitte des Chlorophyllkörpers zu, also etwas peripher. Die jungen Zellen enthalten meist wenig Stärke, die namentlich um das Pyrenoid herum gelagert ist; in älteren Zellen findet Zunahme der Stärkemenge statt. Die Dauerzellen sind groß, haben undeutlichen Zellinhalt und sehr dicke mehrschichtige Membran; sie enthalten sehr viel Stärke, und zwar besonders um das Pyrenoid herum, dagegen ein farbloses fettes Öl nur in geringer Menge. Haben die Kulturen ein Alter von einem Jahre erreicht, so finden sich in ihnen fast ausschließlich Zellen des Ruhestadiums.

Die Schwärmer, die man auf die übliche Weise leicht erhalten kann, sind $6-7,5 \mu$ lang und nur 3μ breit und haben eine langgestreckt-ovale, schmale Gestalt. Sie entstehen noch leichter als bei den beiden anderen Arten, ja man braucht im Hängetropfen nicht einmal Regenwasser anzuwenden, sondern es genügt schon neue Nährlösung, um den Teilungsprozeß in der Zelle auszulösen. Der Chloroplast liegt seitlich, ohne bis an das vordere Körperende zu reichen, wo der Kern sichtbar ist und die beiden Cilien von Körperlänge inseriert sind. Im übrigen ist der Aufbau der gleiche wie bei den Zoosporen der schon besprochenen *Chlorococcum*-Arten. In der Kulturflüssigkeit ist stets eine größere Anzahl alter Zellen in viele dieser kleinen Schwärmsporen zerfallen; ein Zerfall in unbewegliche vegetative Akineten konnte selbst in ganz alten Kulturen nur sehr vereinzelt beobachtet werden.

4. *Chlorococcum infusio-num* IV.

Diese letzte in Kultur gehaltene Spezies gleicht der dritten Art darin, daß sich selbst in den Dauerzellen nur wenig farbloses fettes Öl findet; sie hat jedoch plumpere, fast runde Schwärmer und bildet sehr oft Akineten. Isoliert wurde *Chlorococcum infusio-num* IV aus Algenmaterial, das dem Sumpfe des Göttinger Botanischen Gartens entnommen war; kultiviert wurde die Form hauptsächlich in Beijerincks Lösung.

Kultur in Beijerincks Lösung: Es findet sehr gute Entwicklung zu makroskopisch hellgrün gefärbten Massen statt. Die gekeimten Zoosporen sind bereits fast rund; der Durchmesser der Kugelzellen in älteren Kulturen steigt bis auf 33μ , so daß also unter den kultivierten *Chlorococcum*-Arten diese Form die kleinste ist. In der Zelle liegt ein dickes, fast geschlossen hohlkugelförmiges Chromatophor mit seinem Pyrenoid. Der Zellkern liegt etwas peripher nach dem Ausschnitte des Chloroplasten zu. Als Assimilationsprodukt wird Stärke abgelagert, die an Menge mit dem Alter der Zellen zunimmt; stets ist sie am

dichtesten um das Pyrenoid herum aufgespeichert. Die Dauerzellen, die sich in älteren Kulturen einzustellen pflegen, haben die üblichen Eigenschaften: großen Durchmesser, verdickte Membran und körnigen Inhalt infolge Überladung mit Stärke. Das fette Öl, welches in nur geringer Menge auftritt, ist farblos. Die Membran verdickt sich oft ungleichmäßig, nämlich an der einen Zellseite stärker als an den anderen. Besonders schön ausgebildet sind die ruhenden Zellen wiederum am Rande oberhalb der eindunstenden Nährlösung.

Die Schwärmer dieser Spezies kann man ebenso leicht und auf die gleiche Weise wie bei *Chlorococcum infusionum III* erhalten. Ihre Länge beträgt bis $7,5 \mu$, ihre Breite bis 6μ ; sie sind eiförmig bis fast rund. Der am hinteren Körperende liegende Chloroplast ist becherförmig, die beiden Cilien sind $7,5 \mu$ lang. Haben die Kulturen ein Alter von ungefähr 6 Wochen erreicht, so werden sehr häufig an Stelle der Schwärmsporen Akineten gebildet. Daneben finden sich jedoch in alten Kulturen jederzeit eine Anzahl herumschwärmender Zoosporen, ein Beweis, daß alte Lösungen der Alge nicht mehr behagen, wohl infolge Nährsalzmangels.

In Tollensscher Lösung gedeiht *Chlorococcum infusionum IV* weniger gut; sehr bald geht ein großer Teil der Zellen in den Ruhestand über. Ein weiteres Zeichen dafür, daß Tollens' Lösung weniger behagt, ist die Tatsache, daß in dieser Lösung, auch in frischer, stets eine große Anzahl Schwärmer anzutreffen ist.

Eine Kopulation der Schwärmer wurde bei keiner der vier untersuchten *Chlorococcum*-Arten beobachtet. Um nochmals die Selbständigkeit der vier Formen bestätigt zu erhalten, wurden sie sämtlich auf ein und derselben Nähragarplatte an getrennten Stellen kultiviert; auch auf diesem Substrat, das außerdem ganz gleiche äußere Bedingungen darbot, blieben die Artcharaktere erhalten.

Ophiocytium.

1. Ophiocytium cochleare.

Tafel XI; Fig. 19—23.

Kultiviert wurde diese Protococcacee, welche sowohl in den Tümpeln des Kleinen Hagen wie im Teiche des Botanischen Gartens vorgefunden wurde, in Beijerincks Lösung, wo sie als hellgrüne Masse mittelgut gedieh und lebhaft zum Schwärmen gelangte. Die Zellen wurden bis 10μ dick und zeigten den bekannten typischen Bau. Die Zahl der aus einer Zelle entstehenden Schwärmsporen erwies sich als schwankend; ferner zeigte es sich im Laufe der Kultur, daß das Ausschwärmen als Zoosporen unterbleiben kann, sich die Sporen vielmehr häufig innerhalb der Mutterzellmembran mit einer Zellhaut umgeben und gelegentlich durch Platzen der Muttermembran als unbewegliche vegetative Akineten frei werden. Stirbt solch ein in Akineten zerfallenes Individuum ab, so erscheint es gekammert. Als Reservestoff konnte Stärke nicht aufgefunden werden, wohl aber Gerbstoff, den ich durch Behandeln der Präparate teils mit Eisenchlorid, teils mit Kaliumbichromat nachwies.

Starke Infektion der Kulturen mit Pilzen tötet die *Ophiocytium*-Zellen ab, nachdem vorher Involutionsformen gebildet worden sind (Fig. 19—23). Zuerst wird der Zellinhalt körnig, schwammig und undeutlich; während sodann der Chlorophyllgehalt abnimmt und die Zelldicke bis auf 23μ steigt, bilden sich Anschwellungen und Ausbauchungen (Fig. 19—21); eine Verdickung der Membran findet nicht statt. Nachdem die Zellgestalt unregelmäßig geworden ist, schwindet schließlich das Plasma (Fig. 22 u. 23), treten zahlreiche Vakuolen auf und tritt schließlich der Tod ein.

Ich hatte noch eine zweite Rasse von *Ophiocytium cochleare* in Kultur, die durch etwas längere Zellen charakterisiert war. Auch sie bildete infolge von Pilzinfektion Involutionszellen, welche allerdings etwas weniger bizarr gestaltet waren, bei denen aber in den Vakuolen sehr reichlich kleine tanzende Gipskristalle auftraten, während diese sich bei der ersten Rasse nur vereinzelt fanden. Auch können in den Involutionszellen der zweiten Rasse die Chlorophyllkörper ins Zellinnere rücken und sich daselbst unregelmäßig auf die Kante stellen.

2. *Ophiocytium breve*.

Tafel XI; Fig. 24—30.

In dieser kleinen und namentlich kurzen Form ließ sich auf den ersten Blick gar kein *Ophiocytium* vermuten; nachdem sie jedoch in Reinkultur genommen war, verriet Zellbau und Fortpflanzungsweise sogleich ihre Zugehörigkeit zur Gattung *Ophiocytium*. Die Alge wurde in der Lehmgrube gefunden und neben den anderen von dort stammenden Formen auf Blumentöpfen isoliert. *Ophiocytium breve* gelangte sowohl in Beijerincks wie in Tollens' Lösung zu sehr guter Entwicklung, ohne daß die beiden verschiedenen Nährlösungen in Bau und Größe der Zellen sowie deren Entwicklungsgang einen Unterschied bewirkten. In beiden Lösungen wuchs die Spezies besonders am Boden der Kölbchen als feine lose Massen von anfangs gelblichgrüner, später dunkler grüner Farbe; auch trat in allen Kulturen sehr lebhaftes Schwärmen ein.

Die Zelle ist nicht gekrümmt und weist keinen Stachel auf; ihre Gestalt ist ellipsoidisch, aber ein wenig unregelmäßig, indem an dem einen Längsende eine kleine Einbuchtung vorhanden ist (Fig. 24 u. 25). Die maximale Zelllänge beträgt 30μ , die größte Zellbreite 10μ . Jede Zelle besitzt einen zentral oder fast zentral gelegenen Zellkern, der oft ohne jegliche Färbung recht deutlich sichtbar ist (Fig. 25). An der Peripherie sind mehrere ziemlich dicke und scharf hervortretende Chlorophyllkörner von der für höhere Pflanzen typischen Gestalt gelagert. Pyrenoide sind nicht vorhanden. Die Membran ist dünn und verdickt sich auch nie (Fig. 24 u. 25). *Ophiocytium breve* speichert sehr wenig Reservestoffe; Stärke und Fett ist nicht vorhanden, dagegen war in einigen Zellen mit Bestimmtheit Gerbstoff in geringer Menge nachweisbar.

Die Vermehrung findet durch Bildung von Schwärmsporen statt, die in den Kulturen sehr zahlreich gebildet werden. Auch

bei *Ophiocytium breve* schwankt die Anzahl der aus einer Zelle gebildeten Zoosporen; ich habe einen Zerfall in 2—14 Schwärmer beobachten können, in vereinzelt Fällen wurde sogar nur eine einzige Spore gebildet. Die Zoosporen sind in der Mutterzelle hintereinander gelagert; wenn aber mehr als drei aus einer Zelle entstehen, können sie auch nebeneinander, z. B. in zwei Längsreihen, gelagert sein. Die beim Freiwerden der Schwärmer zersprengte Mutterzellmembran ist in alten Kulturen in großen Massen anzutreffen. An Stelle von Schwärmern können auch gleich wie bei *Ophiocytium cochleare* unbewegliche Akineten gebildet werden, die sich schon in der Mutterzellmembran mit neuer Zellhaut umkleiden und daselbst zur Weiterentwicklung gelangen. Wiederholt sich dieser Prozeß, so finden sich mehrere Membranen ineinandergeschachtelt, oder die Zellhäute früherer Generationen sind in Form von Kappen an der Schmalseite der letzten Mutterzellhaut erhalten (Fig. 26—28). Experimentell läßt sich Schwärmerbildung erzielen, indem man Kulturmaterial aus den Lösungen in einen hängenden Tropfen von destilliertem Wasser überträgt und etwa 36 Stunden verdunkelt. Eine Verdunkelung von der Dauer nur einer Nacht reichte nicht zur Schwärmerbildung aus; ebenso gelang es nicht Schwärmer im Hängetropfenpräparat zu erhalten, wenn die Zellen in neue Lösung oder in salzarmes Regenwasser überführt wurden. Die Länge der Zoosporen beträgt $13\ \mu$, ihre Breite $5\ \mu$; ihre Gestalt ist ellipsoidisch, in seltenen Fällen geht diese regelmäßige Gestalt durch kleine Plasmaanhänge verloren. In ihrem Innern lassen die Schwärmer mehrere plattenförmige, wandständige Chloroplasten erkennen; ein Augenfleck fehlt; vorn sitzt eine Geißel von $10\ \mu$ Länge. Die Zoosporen bewegen sich lebhaft, kommen aber bald unter Abrundung zur Ruhe.

In älteren Kulturen wird der Zellinhalt körnig und sein Bau deshalb weniger deutlich; in den Vakuolen vieler Zellen stellen sich Gipskristalle ein, die eine lebhaft tanzende Bewegung ausführen. Einige Zellen erleiden in alten Lösungen infolge Erschöpfung der Nährsalze schwach krankhafte Umwandlungen, ohne zu wirklichen Involutionsformen zu werden. Solche Zellen werden abnorm lang und dick, nämlich bis $45\ \mu$ lang und bis $15\ \mu$ breit (Fig. 29), wahrscheinlich infolge Ausbleibens des Zerfalls in Sporen. Unregelmäßige Auswüchse fehlen fast ganz, meist findet nur ein Hin- und Herbiegen des Zellkörpers statt (Fig. 30).

Gloeocystis.

Die von Naegeli aufgestellte Gattung *Gloeocystis* ist besonders charakterisiert durch die stark ausgeprägte vegetative Zellteilung und durch die Gallertmembran, von der jede Zelle umgeben ist; durch wiederholte Teilungen entstehen Zellkolonien mit ineinandergeschachtelten Gallerthüllen. Später wurde jedoch die Selbständigkeit der *Gloeocystis* als Algengattung angezweifelt und diese Art von Zellen für ein „Palmellenstadium“ verschiedener *Chlamydomonas*-Formen erklärt. Bereits Cienkowski [1] wies 1865 mit Hilfe einfachster Kulturmethoden darauf hin, daß *Chlamydomonas pulvisculus*, *Chlamydomonas obtusa* und *Chlamydomonas rostrata*

die Eigenschaft haben, typische *Gloeocystis*-Zustände zu bilden, eine Tatsache, die ihn veranlaßte, beide Formengruppen — *Gloeocystis* und *Chlamydomonas* — unter einen generischen Begriff zusammenzufassen. In der Folgezeit bestätigten eine größere Anzahl von Forschern, von denen ich Schmidle, Dill, Serbinow, Wille [2] und Frank nennen will, daß einige *Chlamydomonas*-Spezies imstande sind, durch Kultur in Nährsalzen, in Glukose, auf festen Substraten (Lehm, Agar, angefeuchtete Tonplatten) und durch eine Reihe anderer Außenbedingungen den *Gloeocystis*- oder *Palmella*-Zustand anzunehmen, indem bei der vegetativen Zellteilung keine beweglichen, sondern unbewegliche von Gallertmembran umkleidete Tochterzellen entstehen. Schmidle fand sogar, daß für *Chlamydomonas Kleinii* dieser *Palmella*-Zustand die Hauptvegetationsform in der Natur ist, während das schwärmende Stadium fast ganz ausgeschaltet ist.

Wir haben es also bei den sich derart verhaltenden *Chlamydomonaden* mit Bindegliedern zwischen *Volvocaceen* und *Tetrasporaceen* zu tun, bei denen sich das Hauptunterscheidungsmerkmal beider *Chlorophyceen*-Gruppen, daß nämlich bei ersteren die vegetativen Zustände aktiv beweglich sind, bei letzteren dagegen nicht, verwischt. Ich habe nun drei ähnliche Formen in Kultur gehabt und der Beobachtung unterworfen. Stets aber, sowohl auf festem Substrat wie in verschiedenen flüssigen Medien, war der Ruhezustand bei diesen Formen das Normale, das Schwärmerstadium jedoch die Ausnahme und ein schnell vorübergehender Zustand. Darum habe ich es für richtig gehalten, meine drei Formen nicht den *Chlamydomonaden* einzureihen, sondern sie zu den normal bewegungslosen *Tetrasporaceen* zu stellen, und zwar in die alte Gattung *Gloeocystis*, die ja auch Chodat u. a. in diesem Sinne beibehalten haben. Allerdings kommt man bei diesem Vorgehen in Konflikt mit Artari [1; daselbst auch weitere Literatur über die Gattung *Gloeocystis*] und anderen Botanikern, die unter die Gattung *Gloeocystis* nur solche Gallertformen einreihen, denen schwärmende Zustände überhaupt abgehen.

i. *Gloeocystis vesiculosa*.

Tafel XI; Fig. 31 u. 32.

Diese erste *Gloeocystis*-Art stammt aus der Lehmgrube am Fuße des Göttinger Hainberges; da sie die gleiche Zellgröße wie die von Rabenhorst in seiner Flora mit *vesiculosa* bezeichnete Spezies besitzt, so habe ich für sie diese Artbezeichnung gewählt. Als Kulturmedium wurde bei *Gloeocystis vesiculosa* wie auch bei den zwei übrigen Formen insbesondere Beijerincks Lösung benutzt, daneben aber noch andere Flüssigkeiten und auch Agar.

Kultur in Beijerincks Lösung: Es findet eine lebhafte reiche Entwicklung statt, und zwar in jungen Kulturen als Haut, die vollkommen geschlossen die Oberfläche der Lösung überdeckt; später reißt diese Haut leicht ein und sinkt in Bruchstücken auf den Boden der Kölbchen. Makroskopisch erscheinen die Kulturen von *Gloeocystis vesiculosa* dunkelgrün. Die Zelllänge steigt bis auf 11 μ , die Breite bis 9 μ ; die Zellgestalt ist die eines fast

runden Ellipsoides. Der Chloroplast ist in der typischen Weise in Form einer fast geschlossenen Hohlkugel ausgebildet, in deren hinterem dickem Teile das deutlich sichtbare Pyrenoid liegt. Der Zellkern ist vor dem Pyrenoid nach dem kleinen Ausschnitte des Chloroplasten zu gelagert. Als Produkt der Assimilation wird stets, auch in jungen Kulturen, Stärke gespeichert; sie macht den Inhalt fast aller Zellen sehr schnell körnig und verdeckt oft das Pyrenoid, um das herum sie besonders reichlich abgelagert ist.

Die Vermehrung im Erlenmeyerkolben findet durch successive Zweiteilung ruhender, von Gallertmembran umgebener Zellen nach allen Richtungen des Raumes statt (Fig. 31 u. 32); jede der Tochterzellen umgibt sich wieder mit eigener Gallerte, ohne daß die Gallerthülle der Mutterzelle verloren geht. So finden sich bis zu vier Generationen noch umschlossen von der gemeinsamen Gallertschicht der Ursprungszelle. Bei *Gloeocystis vesiculosa* sind die einzelnen Zellen solch einer Kolonie stets dicht zusammengelagert (Fig. 31 u. 32).

Schwärmer sind in frisch angesetzten Kulturen kurze Zeit zu finden, bald jedoch trifft man nur noch ruhende Zellen an. Überträgt man ruhende Zellen einer jungen, noch kräftig wachsenden Kultur behufs Untersuchung auf den Objektträger in Regenwasser, so tritt ziemlich rasch Schwärmen ein, indem jede der unbeweglichen Zellen zwei Cilien hervorstülpt und so zu einem Schwärmer wird. In älteren Kulturen verliert die Alge die Fähigkeit, so rasch das Schwärmerstadium anzunehmen, und man ist deshalb gezwungen, das ältere Kulturmaterial zur Erzielung von Zoosporen in ein Hängetropfenpräparat mit Regenwasser zu bringen und für die Dauer einer Nacht zu verdunkeln; beim Belichten erfolgt dann lebhaftes und reichliches Schwärmen. Größe und Zellbau des Schwärmers sind naturgemäß die gleichen wie bei der ruhenden Zelle; ein Stigma ist nicht vorhanden.

Bildung von Dauerzellen: Hat die Kultur ein gewisses Alter erreicht, so wird die Gallerte zuerst verschwommen und durch Jodjodkali schwer oder gar nicht mehr färbbar, und schließlich schwindet sie nach und nach. Ist die Gallertmembran vollständig verquollen und geht die Zellteilung doch noch weiter, so entstehen Kolonien dicht zusammengelagerter Zellen; diese trauben- oder maulbeerförmigen Gruppen sind bei *Gloeocystis vesiculosa* nur klein und nicht allzu häufig. Das Schwinden der Gallerte wird durch längeres Kultivieren der Alge in Lösungen verursacht; dies ließ sich auch noch daraus ersehen, daß die Gallerte in Kulturen, deren Impfmateriale einer Agarplatte, also einem festen Substrat, entnommen war, erst spät schwand, daß sie dagegen sehr früh verquoll in Kulturen, deren Ausgangsmateriale bereits einer Lösung entstammte. An Stelle der Gallerte tritt in den Dauerzellen eine deutlich und scharf abgesetzte Membran, während gleichzeitig die Zellen total rund werden und an Größe stark zunehmen; Durchmesser bis 56 μ . Der Chlorophyllgehalt nimmt ab, und infolge überaus reichlicher Speicherung von Stärke wird der Zellinhalt noch körniger und undeutlicher.

Diese Dauerzellen zerfallen nun unter Abnahme der abgelagerten Stärkemenge in eine große Anzahl kleiner Zoosporen. Ich erhielt

diese zweite Schwärmerart durch Verdunkelung eines Hängetropfenpräparates (mit Regenwasser) und darauf folgende Belichtung, jedoch nicht so leicht und so schnell wie die große Zoosporenform. Die Länge dieser kleinen Schwärmer beträgt 8μ , ihre Breite nur bis höchstens 4μ ; ihre Gestalt ist länglich-zylindrisch. Im Innern ist ein becherförmiges oder schwach gekrümmtes und seitlich liegendes Chromatophor erkennbar, ferner ein Stigma; die beiden Geißeln besitzen Körperlänge. Diese Mikrozoosporen werden durch Reißen der Membran aus der Mutterzelle frei; sie sind wohl sicher geschlechtlich, was schon aus der schnellen Beweglichkeit und der langen Bewegungsdauer zu ersehen ist. Eine Kopulation fand nicht statt. Die zur Ruhe gekommenen kleinen Schwärmer entwickelten sich nicht weiter, bildeten keine Zellwand und bekamen einen körnigen Inhalt, als ich sie sechs Tage lang im Hängetropfen kultivierte. Ein Teil der Dauerzellen zerfällt nicht in viele kleine Zoosporen, sondern in eine geringere Anzahl größerer Sporen, die sich innerhalb der Mutterzellmembran mit Zellhaut umgeben, daselbst heranwachsen, durch Reißen der Mutterzellwand als unbewegliche vegetative Zellen frei werden und schließlich normale *Gloeocystis*-Zellen ergeben.

Zuweilen zeigten sich auch Involutionsformen, nämlich abnorm große Zellen, die eine unregelmäßige, z. B. ausgebuchtete, Gestalt annehmen können.

Außer in Beijerincks Lösung kultivierte ich *Gloeocystis vesiculosa* noch in Tollens' Lösung, Regenwasser, Göttinger Leitungswasser und Teichwasser. Im wesentlichen ergaben sich die gleichen Kulturresultate; in den letzten drei Flüssigkeiten wurden naturgemäß wegen der geringen Menge vorhandener Nährsalze frühzeitig Dauerzellen gebildet, die sehr schön den Zerfall in die Mikrozoosporen zeigten.

Auch Agar verwendete ich als Substrat; es trat mittelgute Entwicklung ein, und wiederum zeichnete sich diese erste Form dadurch aus, daß die Zellen in den Kolonien sehr eng zusammenliegen (Fig. 31 u. 32). Die Gallerte der auf Agar gewachsenen Zellen ist durch Jodjodkali nur schwer färbbar und verschwindet bald, worauf die großen Dauerzellen entstehen; sonderlich gut behagt also der Agar nicht. Ferner müssen bei der Agarkultur Pilze ausgeschlossen werden, da sie sich auf diesem Substrate als weit schädlicher für die *Gloeocystis*-Zellen erwiesen als in Lösungen; sie bewirken nämlich infolge Auftretens großer Vakuolen krankhafte Auftreibungen der Zellen, Reduktion des Plasmas und des Chloroplasten und führen schließlich den Tod der Zelle herbei.

2. *Gloeocystis ampla*.

Tafel XI; Fig. 33 u. 34.

Die zweite der von mir in Kultur gehaltenen *Gloeocystis*-Formen bestimmte ich nach Rabenhorst als *Gloeocystis ampla*; sie wurde aus dem Algengemisch, welches aus den Tümpeln des Kleinen Hagen gesammelt war, isoliert. Sie unterscheidet sich von *Gloeocystis vesiculosa* besonders dadurch, daß ihre Zellen größer und gestreckter sind, einen viel weniger körnigen Inhalt

aufweisen sowie eine mächtigere und resistenterere Gallerte ausscheiden. Ferner sind in den Kolonien die einzelnen Zellen weniger dicht gelagert, und endlich fehlen, wenigstens nach meinen Beobachtungen, Dauerzellen und infolgedessen auch Mikrozoosporen.

Kultur in Beijerincks Lösung: Auch *Gloeocystis ampla* entwickelt sich in dieser Lösung sehr gut, und zwar gleichfalls hauptsächlich als dunkelgrüne Haut, die die Flüssigkeitsoberfläche bedeckt und später infolge Schwindens der Gallertmassen leicht einreißt und zu Boden sinkt. Die Zelllänge beträgt bis 15μ , die Breite bis 12μ ; *Gloeocystis ampla* hat demnach größere und gestrecktere Zellen als *vesiculosa*. Am vorderen Ende jeder Zelle findet sich ein kleiner Höcker, wie er den meisten Chlamydomaden eigen ist. Der Chloroplast ist von der gleichen Gestalt, jedoch dicker als bei *Gloeocystis vesiculosa*; infolge dieser Dicke des Chlorophyllkörpers sind die Zellen tiefgrün gefärbt und ist das deutlich sichtbare Pyrenoid fast zentral gelegen. Vor dem Pyrenoid befindet sich der zuweilen etwas seitlich verschobene Zellkern. Stärke ist stets in großen Mengen nachweisbar, freilich nie soviel wie in den Dauerzellen von *Gloeocystis vesiculosa*; die Verteilung ist die gleiche wie bei jener Art.

Die Vermehrung durch vegetative Längsteilung und die Bildung von Zellkolonien geht in der typischen Weise vor sich. Auch bei *Gloeocystis ampla* sind bis vier Generationen zu einem Zellkomplex mit gemeinsamer Gallerthülle vereinigt und scheidet jede Tochterzelle eine eigene Gallerte aus, jedoch sind die Zellen einer solchen Kolonie weniger dicht als bei *Gloeocystis vesiculosa* gelagert. Auch die Gallerte ist anders ausgebildet, indem sie schärfer hervortritt, deutlicher geschichtet und durch Jodjodkali weit intensiver färbbar ist als die von *Gloeocystis vesiculosa*. Beim Zusammenstoßen mehrerer Kolonien ist die Gallerte polygonal begrenzt (Fig. 33 u. 34). In alten Kulturen verquillt die Gallerte auch dieser Art bis zu völligem Schwinden; die Kultur in Lösung beeinflußt demnach wiederum die Gallertbildung ungünstig, jedoch erfolgt der Verlust der Gallerthülle weniger leicht und weniger schnell als bei der ersten Form. Durch weitere Teilungen der nicht mehr von Gallerte umgebenen Zellen entstehen maulbeerförmige Gruppen dicht zusammengelagerter Zellen, die viel häufiger und schöner als bei *Gloeocystis vesiculosa* ausgebildet sind. — Dauerzellen entstanden bei *Gloeocystis ampla* während der Kulturdauer nicht; in sehr alten Kulturen fand ich zwar einzelne runde Zellen, die möglicherweise den Anfang einer Bildung von Dauerzellen darstellen, mit Sicherheit konnte ich es aber nicht feststellen, zumal diese Zellen nie einen Zerfall in Mikrozoosporen aufwiesen.

Schwärmen erfolgt unter den gleichen Bedingungen wie bei der ersten Spezies; auch hier wird die Fähigkeit der ruhenden Zellen, durch Hervorstülpung zweier Cilien in den schwärmenden Zustand überzugehen, infolge längerer Kultur in Nährsalzlösungen abgeschwächt, eine Erscheinung, die ja auch bei verschiedenen Chlamydomaden nachgewiesen wurde. Ein Augenfleck war wiederum nicht zu bemerken.

Kultiviert man *Gloeocystis ampla* in salzarmem Regen-, Teich- oder Leitungswasser, so wird kaum eine Gallertmembran ausgebildet, das Verharren der Zellen im schwärmenden Zustand dagegen begünstigt, da in jungen derartigen Kulturen stets umherschwärmende Zellen anzutreffen sind. Infolge des bald eintretenden Salz mangels war viel mehr Stärke gespeichert als in den Zellen, welchen volle Nährlösung zur Verfügung steht.

Auf Agar tritt ebenfalls sehr gute Entwicklung ein, während ja *Gloeocystis vesiculosa* auf diesem Substrate nur mittelmäßig gedeiht. Die Zellen sind grasgrün und lassen ihren inneren Bau sehr deutlich erkennen. Die Gallerte, und zwar besonders deren Außenschicht, hebt sich scharf und klar hervor, namentlich nach Färben mit Jod (Fig. 33 u. 34). Das Verquellen der Gallerthülle wird durch Kultur auf Agar nicht beschleunigt, was doch bei *Gloeocystis vesiculosa* der Fall ist. Stößt die Gallerte der einzelnen Kolonien aneinander, so entstehen dazwischen intercellularenähnliche Räume (Fig. 34).

3. *Gloeocystis major*.

Tafel XI; Fig. 35 u. 36.

Als Hauptcharakteristikum dieser dritten *Gloeocystis*-Art, die gleich wie *Gloeocystis ampla* aus den Tümpeln des Kleinen Hagen stammt, ist die bedeutende Größe und der Umstand anzuführen, daß in alten Kulturen im Gegensatz zu den beiden anderen *Gloeocystis*-Formen die Gallerte nie gänzlich schwindet und infolgedessen maulbeerähnliche Gruppen dicht gelagerter Zellen nicht vorkommen. Dauerzellen und Mikrozoosporen habe ich bei einer Kulturdauer von zwei Jahren nicht gefunden.

Kultur in Beijerincks Lösung: Es tritt sehr gutes Gedeihen in der gleichen Weise wie bei *Gloeocystis vesiculosa* und *Gloeocystis ampla* ein; makroskopisch erscheinen die Kulturen grasgrün, später ziemlich dunkelgrün. Die Länge der Zellen beträgt bis 23μ , ihre Breite bis 19μ ; *Gloeocystis major* ist demnach die größte der drei *Gloeocystis*-Arten (Fig. 36). Von dem dicken Chloroplasten, dem Pyrenoid und dem Kerne gilt dasselbe wie bei *Gloeocystis ampla* (Fig. 35). Bei einem Teil der Zellen ist vorn ein kleiner Schnabel bemerkbar, nie aber ist auch die Gallerthülle daselbst höckerförmig vorgestülpt. Stärke ist stets in großer Menge und in der gleichen Verteilung wie bei den übrigen Spezies aufgespeichert; durch Zunahme derselben mit dem Alter der Kulturen wird der Zellinhalt körnig und undeutlich, wenn auch nie soviel abgelagert wird wie bei *Gloeocystis vesiculosa*.

Die successive Zweiteilung der Zellen ist gerade bei *Gloeocystis major* recht gut zu beobachten; häufig teilt sich die eine Tochterzelle schneller weiter als die andere, so daß Angehörige verschiedener Generationen in einer Gallertkolonie vereinigt sind. Meist lagern vier Zellen in gemeinsamer Gallerthülle (Fig. 36), aber auch noch Kolonien mit vier Zellgenerationen trifft man an gleich wie bei den anderen beiden *Gloeocystis*-Arten. Die einzelnen Zellen des Komplexes sind noch weniger dicht als bei

Gloeocystis ampla gelagert, also weit lockerer als bei *Gloeocystis vesiculosa* (Fig. 36). Was die Gallerte selbst anbetrifft, so ist sie gleich wie die von *Gloeocystis ampla* scharf nach außen abgesetzt, aber nicht so deutlich geschichtet und durch Jodjodkali kaum oder gar nicht färbbar. In alten Kulturen tritt ebenfalls Verquellen der Gallerte ein, aber nur ein teilweises; gänzlich schwindet sie nie, wenn sich also auch wiederum ein schädlicher Einfluß der Nährlösung auf die Gallertausscheidung bemerkbar macht. Da stets noch ein Rest von Gallerthülle erhalten bleibt, sind maulbeerförmige Gruppen dichtgelagerter Zellen, wie sie bei *Gloeocystis vesiculosa* und namentlich bei *Gloeocystis ampla* gefunden wurden, unmöglich. Dauerzellen bildeten sich, wie schon gesagt, im Verlaufe der Kultur nicht.

Schwärmen erfolgt unter gleichen Umständen wie bei den zwei anderen Arten und wird in gleicher Weise durch Kultivieren der Zellen in Nährsalzlösung erschwert. Auch diesen Zoosporen geht ein Stigma ab.

Bei Kultur in Teich-, Leitungs- und Regenwasser überfüllen sich die Zellen auch dieser Spezies mit Stärke; stets aber bleibt die Gallerte erhalten, so daß sie sich auch in diesen Medien resistenter als die der beiden ersten Arten erwies.

Auf Agar gedieh *Gloeocystis major* nur mittelgut, ihre charakteristischen Merkmale blieben aber gewahrt: bedeutende Zellgröße, Bildung einer breiten widerstandsfähigen Gallerthülle und lose Lagerung der Zellen im Kolonieverband.

Chlorella.

1. *Chlorella vulgaris* Beijerinck.

Diese zuerst von Beijerinck in der Botanischen Zeitung 1890 näher beschriebene und behandelte niedere Algenform habe ich seit Dezember 1901 in Kultur, und zwar sowohl in Beijerincks wie in Tollens' Lösung. Die Alge fand ich in den Tümpeln des Kleinen Hagen; sie gelangte in beiden Lösungen zu sehr gutem und raschem Wachstum. In ganz alten Kulturen, in denen die Nährsalze aufgezehrt sind, trifft man abnorm große, krankhafte Zellen an; in diesen wird der Chloroplast zu einer schwach gekrümmten dünnen Platte reduziert, das Plasma schwindet ebenfalls mehr und mehr, große Vakuolen gewinnen die Oberhand, und schließlich stirbt die Zelle ab.

2. *Chlorella vulgaris sulfurea*.

Bereits Krüger und Schneidewind haben einige Rassen von *Chlorella vulgaris* Beijer. gefunden, kultiviert und beschrieben; die einzelnen Rassen unterscheiden sich nicht erheblich in Größe und Wuchsform, wohl aber merklich in ihrem Verhalten zu verschiedenen Nährböden. Auch ich beobachtete eine kleine *Chlorella*-Form, die in Größe, Zellinhalt und Vermehrungsweise vollkommen der *Chlorella vulgaris* Beijer. entsprach, die sich jedoch in physiologischer Hinsicht als selbständige Rasse erwies. Diese neue Abart trat in dem zur Kultur von Beggiatoen dienenden großen Glasgefäß auf, in dem auch *Dictyococcus varians* zur Entwicklung

gelangte und das, wie bereits erwähnt, nur ein schwaches gedämpftes Licht empfing; sie gedieh daselbst in großen Massen an dem nach den Fenstern zu gelegenen Rande der Flüssigkeitsoberfläche. Um sie zwecks Reinzucht zu isolieren, impfte ich sie in Strichen auf eine Agarplatte und auf einen mit Beijerincks Nährsalz durchtränkten umgestülpten Blumentopf; jedoch trat auf keinem der beiden Substrate Entwicklung ein, ja die aufgeimpften Zellen starben in kurzer Frist ab. Übertrug ich Zellen der gewöhnlichen *Chlorella vulgaris* Beijer. auf die gleichen Nährsubstrate, so trat üppiges Gedeihen derselben ein. Die neue Rasse von *Chlorella vulgaris* scheint sich also besonderen Lebensbedingungen, und zwar wohl dem Leben in stark Schwefelwasserstoffhaltigem Wasser, derart intensiv angepaßt zu haben, daß die Versuche, sie auf den gewöhnlichen künstlichen Substraten zu ziehen, erfolglos verliefen.

3. *Chlorella acuminata*.

Tafel XI; Fig. 37—44.

Diese kleine spindelförmige und asymmetrisch gebaute Form wurde zusammen mit einer großen runden Algenart auf der Rinde von Buchen im Göttinger Walde, und zwar am sogenannten „Wendeplatze“, gefunden; eine nähere Schilderung der Fundstelle soll bei der Beschreibung der zweiten daselbst gewachsenen Algenspezies gegeben werden. Beim Isolieren auf Agar in einer Petrischale zeigte die kleine Spindelform ein so schnelles und üppiges Gedeihen, daß ich die Alge dauernd nur auf dem ihr äußerst gut zusagenden Agarboden kultivierte. Die makroskopische Farbe dieser Agarkulturen ist eine lebhaft grasgrüne.

Zellgestalt und Zellgröße (Fig. 37—44): Die Zellen von *Chlorella acuminata* sind nie rund, sondern mehr oder weniger spindelförmig und stets an dem einen Ende zugespitzt. Die kleinen, jugendlichen Zellen sind sehr schmal und an dem einen Ende scharf zugespitzt; die älteren Zellen sind breiter, mehr eiförmig und die Spitze tritt weniger scharf hervor. Viele Zellen besitzen einen asymmetrischen Bau, indem sie an der Längsseite, wo der Chloroplast liegt, etwas stärker ausgebuchtet sind als an der farblosen Längsseite (Fig. 37 u. 38). Die kleinen, relativ schmalen Zellen haben eine Länge von $7,5 \mu$ und eine Breite von nur $1,5-2 \mu$. Die größten Zellen, bei denen jedoch noch keine Teilung des Chlorophyllkörpers eingetreten ist, erreichen eine Länge von $10,5 \mu$ und eine Breite von $4,5 \mu$. Die Zellen schließlich, die bereits mehrere Chloroplasten enthalten und kurz vor der Sporenbildung stehen, sind bis 12μ lang und bis 6μ breit. Je älter und größer also die Zellen werden, um so mehr nimmt die Zellbreite im Verhältnis zur Zelllänge zu.

Zellbau: Alle Zellen sind zart gebaut. Das Plasma erscheint homogen; in manchen Zellen allerdings tritt eine oder eine Anzahl Vakuolen auf, in denen körnige Gebilde gelagert sind. Jede Zelle besitzt einen wandständigen Chloroplasten, der ebenfalls zart erscheint und nicht stark hervortritt; normalerweise liegt er an einer Längsseite der Zelle, die ganze Seite einnehmend

oder die beiden Enden frei lassend (Fig. 37—39). Nur ausnahmsweise findet man den Chloroplast an einem der beiden Zellenden vor. Ein Pyrenoid ist nicht vorhanden. Der Zellkern ist häufig ohne jede Färbung sichtbar, und zwar in der Zellmitte oder ein wenig nach der chlorophylllosen Zellseite zu verschoben. Stärke konnte niemals nachgewiesen werden. Bei Behandlung mit etwas Chloral traten kleine durchscheinende Tröpfchen auf, die wohl ein Fett darstellen, das in der lebenden Zelle äußerst fein verteilt sein wird. Die Membran der Zellen ist stets zart und unverdickt.

Vermehrung: Die Zelle zerfällt durch successive Zweiteilungen in eine Anzahl von Sporen; eingeleitet wird dieser Zerfall des Plasmas durch successive Teilungen des Chromatophoren (Fig. 40 bis 44). Der Zerfall in Sporen kann verschieden weit gehen; ich vermochte mit Sicherheit bis zu 16 Sporen in einer Zelle zu beobachten. Mit Hülfe von Chloralhydrat, welches alles Plasma zerstört, konnte nachgewiesen werden, daß jede der Sporen mit eigener Membran umgeben war. Die Sporen werden dann wohl gelegentlich durch Platzen der Mutterzellmembran frei. Mehrfache Versuche mit Hängetropfenpräparaten ergaben nie eine Bildung von Schwärmosporen.

4. *Chlorella ellipsoidea*.

Tafel XI; Fig. 45—51.

Diese vom Kleinen Hagen stammende Form entwickelte sich sowohl in Beijerincks wie in Tollens' Lösung und ebenso auf Nähragar sehr gut und schnell, wobei sich gleich wie bei *Chlorella vulgaris* Beijer. irgend ein Unterschied betreffs Zellgröße und Zellbau in den verschiedenen Nährmedien nicht geltend machte. Die Kulturen in Lösung waren hell- bis gelblich-grün, die auf Agar saftig-grasgrün.

Zellgestalt und Zellgröße (Fig. 45—51): Die Zellen sind ellipsoidisch, und zwar sind gleich wie bei *Chlorella acuminata* die jungen Zellen relativ schmaler als die älteren, ohne jedoch jemals so schmal zu sein wie die kleinen Zellen jener Art. Ferner sind die Zellen nie asymmetrisch gebaut, haben also weder eine Ausbauchung an der einen Längsseite noch läuft das eine Zellende als Spitze aus. Runde Zellen findet man ebensowenig wie bei *Chlorella acuminata*. Die Zellen, in denen der Chloroplast noch einheitlich ist, werden bis 9 μ lang und bis 7,5 μ breit; die Zellen, deren Chloroplast bereits in mehrere Teile zerfallen ist, können bis 15 μ in der Länge und 13,5 μ in der Breite messen. *Chlorella ellipsoidea* unterscheidet sich also von *Chlorella acuminata* hauptsächlich durch bedeutendere Zellgröße und symmetrische Gestalt.

Zellbau: Die Zellen auch dieser Spezies sind zart gebaut; das Plasma ist homogen, kaum jemals körnig, und nur in den größten Zellen wird eine bedeutendere Anzahl Körnchen im Plasma sichtbar. Der eine Chloroplast, den jede Zelle aufweist (Fig. 45 bis 50), ist wandständig gelagert und hat zarte, aber sehr deutliche Umrisse; er ist plump, recht dick, verschieden groß und

öfters an den Rändern ein wenig gelappt; den Zellen verleiht er eine freudig-grüne Farbe. Seine Lage in der Zelle ist nicht nur auf die Längsseite beschränkt, sondern kann ganz verschieden sein. Jede Zelle hat ferner ein Pyrenoid aufzuweisen, das in den kleinsten Zellen nur schwer sichtbar ist, später jedoch deutlich wird, um freilich gleichzeitig mit dem Zerfall des Chloroplasten wieder undeutlich oder gar nicht sichtbar zu werden. Der peripher gelagerte Zellkern ist größtenteils recht leicht in dem chlorophyllfreien Zellteil zu beobachten. Stärke konnte nicht nachgewiesen werden; die winzigen, im Plasma alter Zellen verteilten Körnchen werden wohl auch hier ein Fett darstellen. Die Membran ist derber als bei *Chlorella acuminata* und *Chlorella vulgaris* und tritt scharf hervor, verdickt sich aber ebenfalls nie. Im Zellbau unterscheidet sich also *Chlorella ellipsoidea* besonders dadurch von *Chlorella acuminata*, daß sie ein plumperes dickeres Chromatophor, ein Pyrenoid und derbere Membran aufweist.

Vermehrung: Die Mutterzelle zerfällt durch successive Zweiteilungen, die durch Teilungen des Chloroplasten (Fig. 51) und des Pyrenoids eingeleitet werden, in eine verschieden große Anzahl von Sporen; ich habe Zerfall in 4 bis 32 Sporen beobachten können. Die Sporen sind mit dünner Membran umgeben und werden durch einen Riß in der Mutterzellmembran frei. Schwärmen findet nicht statt, auch in Präparaten ließ es sich nicht erzielen.

Aerosphaera faginea.

Tafel XI; Fig. 52 u. 53.

Die jetzt zu beschreibende Alge stammt zusammen mit *Chlorella acuminata* vom Wendeplatze im Göttinger Walde. Beide Formen fanden sich am unteren, nach Norden gerichteten Teile von Buchenstämmen, denen sie eine fast schwarze Farbe verliehen; bemerkenswert ist also, daß die Alge nur an der schwach beleuchteten Nordseite der Stämme vorkam, noch dazu an einer Stelle des Waldes, die selbst schon recht dunkel ist. Es wurde wiederholt frisches Material vom natürlichen Standorte geholt und dieses einerseits direkt, teils in Beijerincks, teils in Tollens' Lösung gebracht, andererseits aber zwecks Isolierung in Strichen auf eine Agarplatte übergeimpft. Die Alge scheint sich aber so stark spezifischen Lebensbedingungen angepaßt zu haben, daß in keinem der genannten künstlichen Nährböden ein üppiges Wachstum eintrat.

Kultur in Beijerincks Lösung: Es findet ein nur langsames und geringes Wachstum statt, lebhaftere Entwicklung war in keiner der Kulturen zu beobachten; die Alge liegt in Form feiner loser Massen von fast dunkelgrüner Farbe am Boden der Erlenmeyerkölbchen.

Die Zellen der Alge haben die Form großer Kugeln, deren Durchmesser bis auf 50 μ steigen kann. Was den Zellbau anbetrifft, so sehen wir das Plasma fast aller Zellen im Innern von ziemlich großen Vakuolen durchzogen; oft ist das Plasma überhaupt nur als dünnes unregelmäßiges Gerüstwerk zwischen großen Vakuolen ausgebildet. Jede Zelle besitzt einen Chloroplasten,

der bei den in Beijerincks Lösung gewachsenen Zellen sehr deutlich und scharf hervortritt und deshalb genau in seinem Bau studiert werden kann. Der Chlorophyllkörper hat große Ähnlichkeit mit dem der *Cladophora*-Zelle; er liegt nämlich als loser, vielfach gewundener und gefalteter Mantel der Zellmembran an und ist von größeren und kleineren Lücken durchbrochen, so daß er das Bild eines Netzwerkes darbietet, das im wesentlichen dem als Netz entwickelten Chloroplasten von *Chlorella vulgaris* gleicht, wie ihn Grintzesco [2] erhalten hat, wenn er diese *Chlorella* auf porösen Porzellanplatten kultivierte. Bei *Aerosphaera faginea* dringt nun der Chloroplast mehr oder weniger tief in das Zellinnere ein, indem er zuweilen das durch Vakuolen unterbrochene Plasma daselbst begleitet. Ein Pyrenoid besitzt der Chlorophyllkörper nicht. Der Zellkern ist ebenso wie sein Nucleolus stets sehr gut im Zentrum der Zelle zu sehen. Stärke wird nie gespeichert. In alten Zellen findet eine geringe Membranverdickung statt.

Durch successive Zweiteilungen zerfällt die alte Zelle in eine Anzahl von Sporen, die durch Platzen der Mutterzellmembran frei werden; sie sind stets bewegungslos. Der Zerfall in die Sporen kündigt sich stets dadurch an, daß die Faltung des Chloroplasten noch stärker ausgeprägt wird, wobei sich die Falten auf die Kante stellen können; auf diese Weise erhält das Chromatophor ein gekröseartiges Aussehen. Hierauf tritt Zerfall desselben in eine größere Anzahl Teilstücke ein, und schließlich sondert sich auch das Plasma. In der Regel entstehen aus einer Zelle 16 oder 32 Sporen. Ziemlich leicht und schnell erhielt ich den Zerfall in Sporen durch Übertragen des Kulturmaterials in Regenwasser und Dunkelstellen des Hängetropfenpräparates für 24 Stunden; nie konnte Schwärmen der Sporen beobachtet werden.

Kultur in Tollensscher Lösung: In dieser höher konzentrierten Lösung gedieh die Alge besser als in Beijerincks Lösung, sonst aber in der gleichen Weise; große Massen entwickelten sich jedoch auch in diesen Kulturen nicht. Die Zellen werden gleich groß wie in Beijerincks Lösung, auch Plasma und Kern bieten nichts Neues. Dagegen ergibt der Chloroplast ein anderes Bild, indem er mächtiger und dicker entwickelt ist und infolgedessen den Zellen eine dunkler grüne Farbe verleiht; er weist weniger und kleinere Lücken auf als in den Zellen aus Beijerincks Lösung und durchsetzt das Zellinnere häufiger, indem er sehr oft die zwischen den Vakuolen verlaufenden Plasmabrücken begleitet. Der Chloroplast ist also in Tollens' Lösung, wo ja die Alge auch in toto besser gedeiht, mächtiger entwickelt, ist hierdurch allerdings weniger deutlich in seinem Aufbau.

Kultur auf Nähragar: Auf diesem Substrat gelangt *Aerosphaera faginea* zu gleich starkem Wachstum wie in Tollensscher Lösung; auch entspricht sich der Zellbau, so daß also bei den auf Agar gewachsenen Zellen das Chromatophor weit mächtiger als in Beijerincks Lösung entwickelt ist (Fig. 52). Sehr gut läßt sich auf Agar der Zerfall der großen Zellen in Sporen verfolgen; zuerst entsteht eine größere Anzahl polyedrisch gestalteter Zellen, die sich später zu Sporen abrunden. Nach Austritt der unbeweg-

lichen Sporen bleibt die zerrissene Mutterzellmembran zurück; durch Färben mit Jodjodkali tritt auf ihr eine deutliche Felderung hervor, indem sich meist fünfeckige Felder blaßblau färben, die Grenzlinien zwischen den Feldern aber ungefärbt bleiben. Diese polyedrische Membranfelderung entspricht wohl der früheren Lagerung der Sporen.

Auf älteren Agarplatten konnten Involutionsformen beobachtet werden. Die Zellen werden vakuolenreicher, während Plasma und Chloroplast reduziert werden. Das Chromatophor wird kleiner und namentlich dünner, die dasselbe durchbrechenden Lücken dagegen nehmen an Größe stark zu (Fig. 53). Zuletzt sind die erkrankten Zellen fast ganz von einer großen Vakuole erfüllt, und Plasma sowie Chloroplast sind auf einen ganz schmalen peripheren Streifen verdrängt.

Scenedesmus caudatus.

Diese seit langem bekannte und wohl charakterisierte Algenform hat neuerdings besonders Artari [2 u. 5—7] in Reinkulturen auf ihre Ernährungsverhältnisse hin näher untersucht, während Chodat [2 u. 3] und Senn ihr Hauptaugenmerk auf die morphologischen Eigenschaften und namentlich auf den Polymorphismus resp. die Koloniebildung der Alge richteten; in den Abhandlungen der beiden letztgenannten Autoren ist eine genaue Literaturangabe betreffs Arbeiten über *Scenedesmus caudatus* zu finden.

Ich habe die Alge in Beijerincks Lösung kultiviert, wo sie sehr gut als lebhaft-grün gefärbte Masse am Boden der Kölbchen gedieh. In der Regel waren vier oder acht Zellen in einer Kolonie vereinigt, in alten Kulturen dagegen recht häufig nur zwei. Die Länge der einzelnen Zelle betrug 18μ , ihre Breite 6μ . In der Jugend führen die Zellen keine Stärke, später ist jedoch solche nachzuweisen und im Alter ist ziemlich viel abgelagert; zuerst tritt sie nur um das Pyrenoid herum auf. Nach etwa neunmonatlicher Kulturdauer erleidet die Alge tiefgreifende Veränderungen. Es kommt nämlich zur Bildung von Dauerzellen, indem der Kolonieverband gelöst wird und jede Zelle aus dem Coenobium unter Abrundung und Vergrößerung frei wird oder indem aus jeder Zelle der Kolonie vier Sporen entstehen, die frei werden und noch etwas heranwachsen. Diese Dauersporen zeichnen sich sofort durch folgende Merkmale aus: Sie sind stets rund und größer als die normalen Zellen der Kolonie, indem ihr Durchmesser in der Regel bis auf 20μ , in einzelnen Fällen (ganz alten Kulturen) jedoch sogar bis auf 32μ steigt. Der Gehalt an Chlorophyll hat in den Dauerzellen abgenommen, so daß sie nicht mehr freudig-grün erscheinen. Sie nehmen vielmehr eine überaus charakteristische braune Färbung an, die davon herrührt, daß ein rotfarbenes Fett in einem oder mehreren Tröpfchen auftritt, während gleichzeitig die Stärke bis auf geringe Spuren verschwindet. Infolge der starken Fettspeicherung ist das Plasma der Dauerzellen körnig und ihr Zellbau nicht mehr unterscheidbar. Gleichzeitig wird die Membran dick und derb; Gallerte ist nicht

mehr anzutreffen. Die Dauerzellen, die an den Rand der Flüssigkeitsoberfläche gelangen und daselbst langsam eintrocknen, zeigen die typischste Ausbildung, indem sie größer und plumper sind und mehr Reservefett aufgespeichert haben als die Dauerzellen, die in der Lösung verbleiben.

Raphidium fasciculatum.

Tafel XII; Fig. 54—58.

Raphidium fasciculatum-polymorphum entwickelte sich in Beijerincks Lösung sehr gut als freudig-grüne lose Masse am Boden der Kölbchen; die Alge fand sich ebenso wie auch *Scenedesmus caudatus* sowohl in den Tümpeln des Kleinen Hagen wie in dem des Botanischen Gartens. Die Zellen werden bis 84μ lang und bis $4,5 \mu$ breit; der eine längsverlaufende Chloroplast und der in der Zellmitte liegende Kern sind deutlich wahrnehmbar. Stärke findet sich ebensowenig wie ein Pyrenoid. Die durch Querteilung der Mutterzelle gebildeten beiden Tochterzellen trennen sich normal bald nach der Teilung; in alten Kulturen nach Erschöpfung der Nährlösung trennen sich jedoch die Tochterzellen nicht mehr, sondern bleiben zusammenhängen.

Nach Verlauf von einem Jahre waren in der Kulturflüssigkeit Involutionsformen entstanden (Fig. 54—58). Das Plasma wird körnig durch Auftreten von Öltröpfchen und schwindet hierauf allmählich; auch der Chlorophyllgehalt nimmt ab, meist zerfällt der Chloroplast in eine Anzahl getrennter Teilstücke (Fig. 56 u. 58). Sodann nimmt die Zelldicke beträchtlich zu (Fig. 54 u. 55), und es entstehen schließlich abnorme bizarre Zellformen (Fig. 56—58), indem sich sackförmige Verdickungen, Anschwellungen, Auswüchse und zuweilen sogar Verzweigungen und Krümmungen bilden. Membranverdickung tritt nie ein. Die krankhaften Zellen werden immer plasmaärmer und sterben zuletzt ab.

Conferva bombycina.

Tafel XII; Fig. 59—65.

Im Laufe der letzten Jahrzehnte ist eine größere Reihe von Arbeiten über *Conferva* und verwandte Algenarten publiziert worden. Lagerheim beschrieb die Bildung von Zoosporen und Ruhezellen bei *Conferva bombycina* sehr eingehend; im gleichen Jahre behandelte Wille [3] in Pringsheims Jahrbüchern die Zellteilung und ebenfalls die Ausbildung der Ruhezellen bei *Conferva*. Klebs [3] studierte hauptsächlich die Bildung der Schwärmer und die Bedingungen ihres Entstehens. In den drei zitierten Arbeiten ist auch alle übrige Literatur über *Conferva* zu finden.

i. Conferva genuina Wille.

Die Alge stammt aus den Tümpeln des Kleinen Hagen; als Kulturflüssigkeit wurde Beijerincks Lösung benutzt, in der sie sich sehr reichlich als dunkelgrüne fädige Masse entwickelte und in der sie auch zu lebhaftem Schwärmen gelangte. Die Zellen erreichten eine Länge von 32μ und eine Dicke von 10μ ; der innere Zellbau war der bekannte, von Lagerheim u. a. beschriebene.

Auch in meinen Kulturen wurde als Reservestoff nicht Stärke, sondern ein Fett gespeichert; häufig konnten im Zellinnern Vakuolen und in diesen lebhaft tanzende Gipskryställchen beobachtet werden. Bildung von Zoosporen und Ausschwärmen derselben habe ich leicht erhalten können, wenn ich einige Fäden in neue Lösung brachte und das Hängetropfenpräparat für die Dauer einer Nacht dunkel stellte. Bereits im Dunkeln schwärmten vereinzelte Zoosporen aus, nach erfolgter Belichtung des Präparates trat sehr reichliches Schwärmen ein, indem in der bekannten, von Klebs und besonders von Lagerheim angegebenen Weise aus jeder Zelle zwei Zoosporen entstanden und durch Reißen der Membran in der Zellmitte frei wurden. Bei der von mir kultivierten Form ist also die Schwärmerbildung leicht und regelmäßig zu erhalten, während Klebs bei der von ihm untersuchten *Conferva minor* nur auf komplizierterem Wege mit Hilfe verschiedener organischer Substanzen reichlicheres, allgemeines Schwärmen erhielt. Die Länge der Zoosporen beträgt bis 16μ und ihre Breite bis $7,5 \mu$, die Länge der Geißel ebenfalls 16μ . Gestalt und Bau der Schwärmer, sowie die Art ihrer Keimung konnte sehr genau studiert werden; es ergaben sich die bekannten Tatsachen (siehe namentlich Lagerheim und Klebs).

Auch Ruhezellen, wie sie Wille, Lagerheim und Klebs schildern, stellten sich in alten Kulturen ein, und zwar gingen besonders schön und deutlich diejenigen Zellfäden in den Ruhezustand über, die am Flüssigkeitsrande langsam eintrockneten. Aus den Ruhezellen entstanden schließlich Involutionsformen (Fig. 59—62), aus den am Flüssigkeitsrande gelagerten Zellen bereits nach einmonatlicher Kulturdauer, aus den in der Lösung liegenden Zellen dagegen erst nach drei- bis viermonatlicher Kultur. Zuerst findet Zunahme der Zelldicke an dem einen Zellende statt; hierauf schwillt die Zelle tonnen- oder kugelförmig auf, wobei sie bis 20μ dick werden kann. Gleichzeitig nimmt im Zellinnern der Chlorophyllgehalt ab, auch das Plasma wird durch reichliches Auftreten großer Vakuolen reduziert; ferner häuft sich im Reste des Zellplasmas Fett und öfters ein farbiges Öl an, und die Membran erleidet Verdickungen, die noch dazu ungleichmäßig sein können. Während die Zellen diese krankhaften Veränderungen erleiden, zerfällt der Faden zuweilen in einzelne Bruchstücke. Alle diese Symptome der Erkrankung treten am deutlichsten und schärfsten bei den Fäden hervor, die an den Rand der Flüssigkeitsoberfläche gelangen und daselbst allmählich eintrocknen. In alten Kulturen erleiden sogar die kleinen Keimlinge der Schwärmer krankhafte Umbildungen (Fig. 63—65), indem auch ihr Plasma infolge Fettanhäufung körnig wird und ihre Membran sich ganz unregelmäßig verdickt. Einzelne Membranzonen bleiben unverdickt, andere dagegen werden dick und deutlich mehrschichtig. Oft wird dann diese einseitige Einkapselung wieder gesprengt, und der Protoplast tritt heraus.

2. *Conferva minor* Wille.

Gleich wie die größere Form wurde auch *Conferva minor* in Beijerincks Lösung kultiviert; auch sie gedieh sehr gut und

kam zu lebhaftem Schwärmen. Makroskopisch erscheinen ihre Kulturen etwas hellergrün als die Kulturen von *Conferva genuina*. Die Zellen maßen bis 36μ in der Länge und bis $7,5 \mu$ in der Breite. Die kleinere Form ist zarter im ganzen Aufbau, verhält sich aber im übrigen ihrer größeren Schwesterspezies gegenüber völlig gleich. — Zoosporenbildung erhielt ich auf die gleiche Weise und mit derselben Leichtigkeit wie bei *Conferva genuina*, entgegen den Erfahrungen von Klebs. Die Länge der Schwärmer wurde zu $13,5 \mu$, die Breite zu $7,5 \mu$ und die Länge der Cilie zu 15μ ermittelt. Auch *Conferva minor* bildet bei Nährsalzmangel und besonders schön beim Austrocknen Ruhezellen, aus denen Involutionsformen entstehen, die in ihren Sonderheiten den Involutionzellen der größeren Spezies vollkommen gleichen.

Hormidium parietinum.

Das Material dieser Alge stammte von der Basis von Ulmenstämmen, wo die Alge ausgedehnte grüne Überzüge an der Nordseite bildete. Sie hatte eine gewöhnliche Fadendicke von 15μ und eine maximale von $16,5 \mu$ und wurde sowohl in Beijerincks wie in Tollens' Lösung kultiviert; jedoch entwickelte sie sich in beiden Flüssigkeiten nur schwach, da sie wohl dem Leben auf festen Substraten zu stark angepaßt ist. Das zentral gelagerte, sternförmige Chromatophor mit seinem Pyrenoid und der seitlich liegende Zellkern mit Nucleolus waren deutlich wahrnehmbar. Der größte Teil der Fäden führte reichlich Stärke, nur wenige Fäden waren ganz oder fast vollkommen stärkefrei. Die auf dem Baume gewachsenen Fäden ließen auf ihrer Membran eine längs verlaufende Streifung ziemlich leicht erkennen; kultiviert man die Fäden in den genannten Salzlösungen, so wird diese Streifung steilspiralig, so daß also die Fäden beim Kultivieren eine Torsion erlitten haben müssen.

Stichococcus.

Von der artenreichen Gattung *Stichococcus* hatte ich verschiedene Vertreter in Kultur, die zwar fast sämtlich schon bekannt sind, bei deren Beobachtung aber doch noch einige interessante Tatsachen zu Tage traten. Zur Bestimmung der kultivierten Arten benutzte ich besonders die systematische Zusammenstellung, die Klercker in seiner Arbeit über *Stichococcus* gibt.

1. *Stichococcus subtilis*.

Dieser am längsten in Kultur gehaltene Faden-*Stichococcus* ist identisch mit „*Hormidium nitens*“, das Klebs [3] kultiviert und eingehend untersucht hat. Er ist recht allgemein; isoliert wurde er auf steriler Erde, wo er sehr gut gedieh, und dann in Beijerincks Lösung gebracht. Dasselbst trat auch sehr üppige Entwicklung ein, und zwar auf der Oberfläche der Flüssigkeit in Form einer dichten, goldig glänzenden Decke, wie sie ja auch Klebs erhalten und beschrieben hat. Auch ich konnte beobachten, daß die Decke aus langen Fäden bestand, die in parallelen Windungen

angeordnet waren; zusammengehalten wurde die Decke durch wachsartige Ausscheidungen der Fadenzellen. Die Zellen erreichten eine Länge von 14μ und eine Breite von $5,5 \mu$, wiesen also die Größenverhältnisse auf, wie sie Klercker für *Stichococcus subtilis* angibt, dem meine Form auch in den meisten anderen Eigenschaften entspricht. Das an einer Längsseite der Zelle liegende Chromatophor umschließt ein großes, meist ovales, seltener rundes Pyrenoid. Der Kern ist ohne Färbungsmittel nur sehr schwer sichtbar. Die Zellmembran verdickt sich nie. In jungen Kulturen findet sich nur wenig Stärke um das Pyrenoid herum abgelagert; mit dem Alter der Kulturen nimmt ihre Menge zu, bis mittelviel gespeichert ist, wodurch der Zellinhalt körnig wird.

Erreicht die Kultur ein bestimmtes Alter, so schwindet das Wachs, welches um die Fäden ausgeschieden ist, die Decke wird auf diese Weise zerstört und die Fäden sinken unter, um am Boden der Kölbchen weiter zu leben. *Stichococcus subtilis* verliert also bei längerem Kultivieren in Lösungen die Eigenschaft, eine wachsartige Substanz auszuscheiden und in Form einer geschlossenen Decke zu vegetieren. Aus dem gleichen Grunde entsteht in einer neu angesetzten Kultur kein Wachstum als Decke an der Oberfläche, sondern als untergetauchte lose Massen und Flocken, wenn ich das Impfmateriale einer früheren Kultur in Beijerincks Lösung entnehme. Um den Fäden die in Kultur verloren gegangene Eigenschaft, in Lösungen infolge Wachs ausscheidung in Form einer Decke auf der Oberfläche zu gedeihen, wieder zurückzugeben, ist man gezwungen, eine Zwischenkultur auf einem festen Substrat, und zwar am besten auf feuchtem Sand oder Erde, einzuschalten. Durch Kultivieren auf festen Substraten erwirbt also *Stichococcus subtilis* seine in Flüssigkeit verlorene Eigenschaft des Wachs ausscheidens zurück, allerdings in vollkommen schöner Weise erst dann, wenn ich mehrere Generationen auf Sand oder Erde heranzog. Diesen Versuch, untergetauchte Fäden aus der Lösung für längere Zeit auf feste Substrate überzuimpfen und ihnen auf diese Weise die Möglichkeit zurückzugewinnen, Wachs auszuscheiden und von neuem die charakteristische Decke auf der Flüssigkeitsoberfläche zu bilden, führte ich zu wiederholten Malen mit Erfolg aus.

Waren in älteren Kulturen die Fäden in die Lösung hinabgesunken, so stellte sich häufig nach Eintritt von Nährsalzmangel der von Klebs studierte Zerfall oder Spaltungsprozeß der Fäden ein. Ebenso gelang es mir, gleich wie Klebs und Benecke, diese Spaltung durch allmähliches Austrocknen der Kulturen, also durch Mangel an genügender Feuchtigkeit zu erhalten. Andere in die Lösung untergetauchte Fäden zeigten eine noch nicht beschriebene Erscheinung. Eine Anzahl Fäden umschlangen sich nämlich zu einer Art Tau, das darmartige Verknäuelungen eingehen konnte, indem es sich unregelmäßig hin- und herwand. Der Grund auch dieser Erscheinung muß wohl in dem Mangel eines oder mehrerer unbedingt nötiger Nährsalze gesucht werden; denn nach Übertragen solcher verschlungenen Fäden in neue Lösung verschwand die Tau- und Knäuelbildung schnell, um sich erst wieder einzustellen, wenn von neuem Erschöpfung der Nährsalze eintrat.

Alle diese im Verlaufe längeren Kultivierens hervorgetretenen Erscheinungen weisen darauf hin, daß dem *Stichococcus subtilis* ein dauerndes Leben in einer Lösung nicht behagt. In der konzentrierteren Tollensschen Lösung war die Entwicklung sogar langsamer und geringer als in Beijerincks Lösung, Struktur- und Größenverhältnisse der Zellen und Fäden blieben aber die gleichen. Als Substrat für Dauerkulturen wählte ich deshalb feuchte Erde oder Sand, der mit Nährlösung getränkt war: auf diesen festen Medien gedieh die Alge ausgezeichnet in Form langer gesunder Fäden, während Agar weniger zusagte.

Wie Klebs gezeigt hat, kann sich *Hormidium nitens* außer der normalen Vermehrungsart durch Querteilung auch durch Zoosporenbildung fortpflanzen. Jedoch hat er trotz vielseitiger Versuchsanstellung nur in Ausnahmefällen Schwärmer erhalten, und es ist ihm nicht gelungen, die physiologischen Bedingungen der Zoosporenbildung experimentell zu ergründen und zu erkennen. Mir ist es überhaupt nicht gelungen, in Hängetropfenpräparaten Schwärmer zu erhalten, obwohl ich sehr kräftig wachsende, gesunde Zellen aus frischer, unerschöpfter Lösung und von Erde sowie Sand in destilliertes Wasser, Regenwasser und in neue Lösung übertragen und verschieden lange Zeit verdunkelt habe. Dagegen trat in den Erlenmeyerkölbchen fast stets Schwärmen einige Zeit nach Überimpfen aus alter in neue Lösung und besonders nach Überimpfen von Sand oder Erde in Lösung ein; die Zoosporen sammelten sich an dem nach dem Lichte gerichteten oberen Flüssigkeitsrande und keimten daselbst.

Außer *Stichococcus subtilis* hielt ich noch zwei andere Faden-*Stichococcus*-Arten in Kultur, allerdings nur kürzere Zeit; beide stammten aus konzentrierten Kochsalzlösungen, die für Vorlesungszwecke mit verschiedenartigem Algenmaterial beimpft wurden. Über diese Versuche mit hochkonzentrierter NaCl-Lösung werde ich ebenso wie über gleichzeitig angestellte Kulturen in hochkonzentrierter KNO₃-Lösung im allgemeinen Teil der Arbeit kurz berichten. Den Kulturlösungen, die aus Beijerincks Lösung und Regenwasser zu gleichen Teilen gemischt bestanden, wurde bei Beginn der Versuche 2% NaCl resp. 3% KNO₃ zugesetzt. Als nun die Kochsalzlösung nach zwei Monaten durch Verdunstung einen Gehalt von etwa 2,3% NaCl aufwies, brachte ich die beiden in ihr zur Entwicklung gelangten *Stichococcus*-Formen auf Sand, der mit Beijerincks Lösung durchtränkt war; gleichzeitig impfte ich als Vergleichsmaterial *Stichococcus subtilis* auf feuchten Sand. Beide aus Kochsalzlösungen stammenden Arten wuchsen auf dem Sand sehr schnell und gut, so daß ich bereits nach fünfwöchiger Kultur an ihre Untersuchung gehen konnte.

2. *Stichococcus flaccidus*.

Diese erstere Salzform zeichnete sich namentlich durch die größere Zelldicke gegenüber den beiden anderen *Stichococcus*-Arten aus. Die Länge ihrer Zellen steigt bis 12 μ , die Breite bis 7,5 μ ; diese bedeutende Zelldicke und ihr Verhältnis zur Zelllänge gestatten sowohl nach Klercker wie nach Kirchner nur die Bestimmung als *Stichococcus flaccidus*. Die Zellen des unter

gleichen Vegetationsbedingungen lebenden *Stichococcus subtilis* erreichten eine Länge von $15\ \mu$ und die typische Breite von nur $5,5\ \mu$. *Stichococcus flaccidus* hat also breitere, aber kürzere Zellen. Auch in anderer Beziehung ist *Stichococcus flaccidus* robuster gebaut als *Stichococcus subtilis*. Die Membran ist zwar ebenfalls dünn, aber weniger zart; auch der Zellinhalt ist derber. Während z. B. der Chloroplast von *Stichococcus subtilis* zart ist und sich vom Plasma nicht scharf abhebt, hat er in den Zellen von *Stichococcus flaccidus* sehr scharfe Konturen. Das Pyrenoid ist auch hier deutlich, aber kleiner. Der Kern ist bei beiden Spezies schwer sichtbar, meist erst durch Färbung. Der Zellinhalt wird sehr bald äußerst körnig, indem am Chloroplasten und hauptsächlich um das Pyrenoid herum sehr viel Stärke abgelagert wird, weit reichlicher als in gleichaltrigen Zellen von *Stichococcus subtilis*, wo nur wenig am Pyrenoid gespeichert wird.

Durch die zweimonatliche Kultur in 2% NaCl, während welcher Zeit, wie schon gesagt, die Konzentration durch Eindunsten auf $2,3\%$ NaCl gestiegen war, hatten die Zellen des *Stichococcus flaccidus* folgende Veränderungen in ihrem Bau erlitten: Die Zellen sind kürzer als normal, nämlich meist nur bis $7,5\ \mu$ lang, indem das Kochsalz lebhaftere Zellteilung verursacht hat. Das Plasma ist noch körniger als in den auf Sand gewachsenen Zellen infolge bedeutend gesteigerter Stärkeaufspeicherung während des Kultivierens in Kochsalzlösung. Auf den Chloroplasten hat das Kochsalz insofern eingewirkt, als es stärker als auf Sand entwickelt ist. Die Fäden verbiegen sich unregelmäßig und verflechten sich häufig zu mehreren tauförmig in der gleichen Weise, wie es *Stichococcus subtilis* unter ungünstigen Lebensbedingungen tut. Zuletzt nimmt auch noch die Zellbreite zu, indem die Zellen sehr oft tonnenförmig bis zu einer Dicke von $9-10\ \mu$ anschwellen. Richter, der auch die Anpassung einer kleinen *Stichococcus*-Art an Kochsalzlösungen studiert hat, gibt als Hauptmomente der gefundenen Resultate abnorme Verdickung der Zellen, schnellere Zellteilung und Auftreten von Biegungen und Krümmungen an, kommt demnach zu wesentlich den gleichen Ergebnissen wie ich mit *Stichococcus flaccidus*.

Als die NaCl-Konzentration in den Gefäßen auf $5,2\%$ gestiegen war, untersuchte ich die Alge von neuem. Es waren zwar noch viel lebende Fäden da, vollkommen gesunde jedoch nur ganz vereinzelt. Das Winden und die Taubildung der Fäden hat noch zugenommen; die Zelllänge hat sich nicht mehr verkleinert, die Zellbreite jedoch beträgt jetzt ganz allgemein $9-10\ \mu$, manche krankhaften Auftreibungen sind aber noch beträchtlich dicker. Steigt die Konzentration des NaCl über $5,5\%$, so sterben die Zellen von *Stichococcus flaccidus* schnell ab. Richter dagegen hatte für seine kleine Form eine viel höhere Konzentrationsgrenze, nämlich $13-15\%$ NaCl, gefunden.

3. *Stichococcus fragilis*.

Die andere in 2% NaCl gewachsene und aus dieser Lösung auf Sand übergeimpfte *Stichococcus*-Art unterscheidet sich von *Stichococcus flaccidus* und *Stichococcus subtilis* hauptsächlich durch

ihre kurzen und schmalen Zellen, durch das nur schwer erkennbare Pyrenoid und durch die Eigenschaft, nur in Ausnahmefällen Stärke zu speichern; sie ist die kleinste der von mir kultivierten Faden-*Stichococcus*-Spezies. Die Größenverhältnisse der Zelle zwingen dazu, diese dritte *Stichococcus*-Art nach der Bestimmungstabelle Klerckers als *Stichococcus fragilis* zu bezeichnen; dagegen spricht nur der Umstand, daß Matruchot und Molliard [2] *Stichococcus fragilis* als pyrenoidlos angeben. Die Zellen erreichten eine Länge von $11,5 \mu$ und eine Breite von $4,5 \mu$. Der Chloroplast ist sehr zart und nicht scharf vom Plasma abgesetzt, auch im übrigen erweist sich der Zellinhalt und ebenso die Membran viel zarter und weniger robust als bei *Stichococcus flaccidus*. Das Pyrenoid ist nur äußerst schwer wahrnehmbar. Der Zellkern ist noch schwieriger zu sehen als bei *Stichococcus subtilis* und *flaccidus*. Stärke tritt nicht auf.

Gleich wie bei *Stichococcus flaccidus* untersuchte ich auch bei dieser Art, welche spezifischen Wirkungen die 2%ige Kochsalzlösung nach zwei Monaten auf die Zellen ausgeübt hatte. Es ließ sich leicht konstatieren, daß sie im Gegensatz zu *Stichococcus flaccidus* nur sehr wenig Veränderungen in 2% NaCl erlitten hatten. Der Zellinhalt ist zwar auch hier körnig geworden, jedoch viel weniger stark als bei der ersten Salzform. Das Pyrenoid wird etwas deutlicher, Stärke könnte aber auch jetzt noch nicht nachgewiesen werden; es werden vielmehr fettähnliche Substanzen gespeichert. Die Zellfäden verbiegen sich nie, und nur in vereinzelten Fäden finden sich infolge gesteigerter Querteilung abnorm kurze Zellen. Dagegen vergrößert sich auch bei *Stichococcus fragilis* der Chloroplast durch die Kultur in Kochsalzlösung. Sobald sich die NaCl-Konzentration 5% nähert, stellen sich auch hier Zellbiegungen und -krümmungen ein, ohne daß jedoch jemals so stark krankhafte Symptome sich geltend machen wie bei *Stichococcus flaccidus* unter den nämlichen Lebensbedingungen. Nun sollte man zwar annehmen, daß *Stichococcus fragilis* auch höhere Konzentrationen verträge als *Stichococcus flaccidus*; dies ist aber nicht der Fall, denn er stirbt ebenfalls kurz oberhalb 5,5% NaCl ab.

Die beiden *Stichococccen*, die in der konzentrierten NaCl-Lösung gediehen, gelangten auch in konzentrierter (3%) KNO_3 -Lösung zur Entwicklung. *Stichococcus flaccidus* erleidet in KNO_3 die gleichen Veränderungen wie in NaCl, jedoch in weniger intensivem Maße; auch in KNO_3 nimmt der Chlorophyllgehalt, wenn auch nur sehr wenig, zu; die Zellteilung wird etwas beschleunigt, so daß die Zellen meist nur bis 9μ , im äußersten Falle bis $10,5 \mu$ lang werden (normale Länge 12μ); hinsichtlich der übrigen Veränderungen sei auf das von der Kochsalzwirkung Gesagte verwiesen. In 4% KNO_3 beginnt der größte Teil der Fäden abzusterben, und in $7\frac{1}{2}$ % ist kein lebender Faden mehr zu beobachten. — *Stichococcus fragilis* erleidet gleich wie in konzentrierter NaCl- so auch in konzentrierter KNO_3 -Lösung weit weniger Veränderungen als *Stichococcus flaccidus*, ist also stets durch konzentrierte Lösungen weniger veränderbar. Die Länge der Zellen bleibt überhaupt dieselbe, der Chloroplast ver-

größert sich nur wenig, und die Zellfäden biegen und winden sich erst kurz vor dem Absterben. Dagegen tritt infolge des Kultivierens in KNO_3 Stärke auf, während sich weder auf Sand noch in NaCl auch nur eine Spur davon vorfand. In 5% KNO_3 setzt schnelles Absterben ein; sobald die Konzentration über 8% steigt, geht auch der letzte noch lebende Rest der Fäden zu Grunde. KNO_3 wirkt also weniger stark auf Zellform und Zellbau von *Stichococcus flaccidus* und *Stichococcus fragilis* ein als NaCl und wird in höheren Konzentrationen ertragen als das Chlorid.

4. *Stichococcus bacillaris*.

Der kleine, schon vielfach untersuchte und auch öfters bakterienfrei kultivierte *Stichococcus bacillaris* gedieh in Beijerincks Lösung sehr gut und sehr schnell. Die Breite der Zellen betrug stets 3μ , ihre Länge konnte bis auf 14μ steigen. Von den drei schon beschriebenen Spezies unterscheidet sich *Stichococcus bacillaris* hauptsächlich dadurch, daß die in der Lösung kultivierten Zellen normalerweise nicht im Fadenverband vereinigt waren, sondern daß sehr bald nach der Querteilung einer Zelle Trennung der Tochterzellen stattfand; deshalb waren nur einzeln liegende und zu zwei vereinigte Zellen zu finden. Zellgestalt und Zellinhalt waren die bekannten. Die Zellen sind rechteckig, ihre Ecken aber abgestumpft; der an der einen Längsseite gelegene Chloroplast ist ziemlich dick und besitzt kein Pyrenoid, meist ist er in der Zellmitte, wo der Kern liegt, ein wenig eingebuchtet. Die Membran ist zart und verdickt sich nicht. Stärke kann in keiner Zelle nachgewiesen werden; als Reservestoff findet sich in alten Kulturen sehr reichlich ein farbloses fettes Öl in Tropfenform. An den beiden Längsenden der Zelle können Vakuolen auftreten, die dann Plasma und Chloroplast verdrängen. Ich habe nur Vermehrung durch Querteilung der Zelle feststellen können; Zoosporenbildung habe ich auf keine Weise bekommen, auch ließ sich nicht mit Sicherheit entscheiden, ob im Erlenmeyerkolben nach Impfung einer neuen Kultur Schwärmen eintrat. Jedoch kann bestimmt behauptet werden, daß bei *Stichococcus bacillaris* die Zoosporenbildung gegenüber der vegetativen Zellteilung noch mehr an Bedeutung verloren hat, als es schon bei *Stichococcus subtilis* der Fall ist.

Eins der mit *Stichococcus bacillaris* beimpften Kölbchen war durch Pilze stark verunreinigt worden, wodurch Involutionsformen der Alge entstanden. In den Involutionenzellen hatte Abnahme des Chlorophylls stattgefunden, der übrige Plasmainhalt war körnig geworden; die Zelldicke wurde abnorm groß, nämlich bis 6μ , und auch die Länge der Zellen nahm stark, bis 26μ , zu infolge Ausbleibens der Querteilung. Ferner trat sehr häufig der Fall ein, daß nach der Teilung nicht mehr wie normal Trennung der Tochterzellen stattfand, sondern daß sich kleine Fäden bildeten, die aus 5—6 Zellen bestanden. Ehe die so veränderten Zellen abstarben, begannen sie noch unregelmäßig anzuschwellen, sich zu krümmen und zu biegen, so daß ähnliche Bilder entstanden, wie sie Richter von seiner Form erhielt, bevor die Zellen in hochkonzentrierter Kochsalzlösung abstarben.

Bei langem Kultivieren des *Stichococcus bacillaris* in Lösung machten sich gleich wie bei *Stichococcus subtilis* Degenerationserscheinungen geltend, die zeigten, daß auch für diese Form ein dauerndes Leben in Lösung nicht das normale ist und daher ungünstig wirkt. Deshalb wählte ich als Substrat für Dauerkulturen wiederum Sand, der mit Nährlösung getränkt war, und feuchte Erde. Auf diesen festen Substraten gedieh nun die Alge dauernd sehr gut; auch hier betrug die Zelldicke $3\ \mu$, die Länge jedoch in der Regel nur $9\ \mu$, so daß sich also auf festen Medien die Zellen viel lebhafter als in Lösung teilen müssen. Stets trennten sich die Zellen kurz nach erfolgter Teilung. Agar als festes Nährsubstrat behagte *Stichococcus bacillaris* ebensowenig wie *Stichococcus subtilis*.

5. *Stichococcus exiguus*.

Tafel XII; Fig. 66—76.

Stichococcus exiguus ist eine noch nirgends beschriebene, sehr kleine schmale bakterienähnliche Form, die nicht im Fadenverband wächst.

Kultur in Beijerincks Lösung: Anfangs findet eine gute, jedoch sehr langsame Entwicklung statt, auf die Dauer behagt es aber auch ihm nicht in Lösungen. Makroskopisch erscheinen die Kulturen lebhaftgrün gefärbt. Die Zellen (Fig. 72—74) haben ein bakterienähnliches Aussehen, zumal solche, deren Chloroplast nur schwach entwickelt ist; sie sind sehr lang-zylindrisch, meist gerade, seltener schwach gebogen. Die Enden der Zellen sind nie spitz, sondern abgerundet. Stets zeigen die Zellen im Präparat eine sehr lebhaftige Molekularbewegung. Ihre Länge steigt bis auf $16,5\ \mu$, ihre Breite bis $1,8\ \mu$. Die Zelle ist sehr zart gebaut, nie ist Membranverdickung zu beobachten. Das Plasma erscheint etwas körnig; in jeder Zelle befindet sich ein Chloroplast von schwach grüner Farbe, der an der einen Längsseite liegt, aber die beiden Längsenden frei läßt und in der Zellmitte eine Einbuchtung an der Stelle, wo der Kern liegt, hat. In alten Zellen weicht der Chlorophyllkörper ziemlich weit von den beiden Längsenden der Zelle zurück, da dort große Vakuolen den ganzen Raum einnehmen. Pyrenoid fehlt. Der Zellkern liegt zentral, ist aber ohne Färbung nicht sichtbar. Stärke wird nicht gespeichert; der körnige Reservestoff wird also wohl ein Fett sein. Die Vermehrung findet durch Querteilung der Zelle (Fig. 74) und alsbaldige Trennung der beiden Tochterzellen statt. Schwärmen konnte weder im Hängetropfen noch im Erlenmeyerkolben beobachtet werden, fehlt also wohl ganz, sodaß bei *Stichococcus exiguus* die vegetative Teilung die einzige Vermehrungsart geworden ist.

Auch für *Stichococcus exiguus* trifft die schon bei den anderen Arten konstatierte Tatsache zu, daß er nur eine beschränkte Zeit in Lösung gedeiht und gesund bleibt. In älteren Kulturen auch dieser Form treten Degenerationssymptome (Fig. 75 u. 76) auf, indem die Zellen abnorm lang, bis $28\ \mu$, und abnorm dick, bis $2,7\ \mu$, d. h. fast doppelt so groß wie normal werden; auch entstehen zuweilen Anschwellungen, und häufig wird die Zellgestalt

etwas unregelmäßig. Endlich kann auch hier die Trennung der Tochterzellen ausbleiben. Deshalb wählte ich als Nährsubstrat für Dauerkulturen mit Nährlösung angefeuchteten Sand, wo die Zellen dauernd gesund blieben und ein zwar auch nur langsames, aber weit besseres Wachstum als in Lösung eintrat. Die Zellen (Fig. 66—71) dieser blaß gelblich-grün erscheinenden Kulturen werden bis 18μ lang und bis $1,5 \mu$ breit. In allem Übrigen gleichen die Zellen vom Sand den in Lösung gewachsenen, noch gesunden Zellen.

Monocilia.

Monocilia viridis.

Tafel XII; Fig. 77—84.

Die Alge wächst auf festen Nährsubstraten in Form verzweigter Fäden, in Lösungen kultiviert tritt Zerfall des Fadens und Bildung eines „Palmella“-Stadiums ein; *Monocilia viridis* zeigt also ähnliche Formveränderlichkeit wie viele *Stigeoclonium*-Arten. Sie wurde aus dem Algengemisch, das in den Tümpeln des Kleinen Hagen gesammelt war, isoliert.

Kultur in Beijerincks Lösung: Als ich die auf einer Agarplatte rein gezüchtete Fadenform in die Lösung übergeimpft hatte, bildeten die Zellen fast ausnahmslos Schwärmer, die nach ihrer Keimung wiederum zu verzweigten Zellfäden anwuchsen. Eine Basis zum Anheften existiert nicht, wie denn überhaupt ein Gegensatz zwischen Basis und Spitze des Fadens fehlt. Die Verzweigung der Fäden ist mittelstark und findet nach ganz beliebigen Richtungen durch Ausstülpung vereinzelter Fadenzellen statt. Alle Zellen des verzweigten Fadens sind untereinander gleichwertig; sie sind meist zylindrisch oder aber durch Einschnürung an den Enden oval bis tonnenförmig und teilen sich vegetativ senkrecht zur Richtung des Fadens. Haarbildung wurde niemals beobachtet.

Nach zweimonatlicher Kultur in der Lösung findet Zerfall der Fäden in seine einzelnen Zellen statt, wobei diese ihre zylindrische Gestalt beibehalten oder sich zu Kugeln abrunden können (Fig. 78—84). Gleichzeitig büßt die Alge die Fähigkeit ein, sich nur nach einer Richtung des Raumes teilen zu können; nach dem Auseinanderfallen des Fadens in einzelne Zellen findet die Teilung vielmehr beliebig nach allen Richtungen des Raumes statt. In Kulturen, die älter als zwei Monate sind, trifft man daher in der Hauptsache Zellen von mehr oder weniger regelmäßiger Kugelgestalt an, daneben ovale, unregelmäßig gebuchtete oder etwas längsgestreckte Zellen. Kurz nach der vegetativen Teilung trennen sich die Tochterzellen; seltener sind kleine Zellhaufen, deren Zellen infolge beliebiger Orientierung der Teilungsebene ganz unregelmäßig zusammengelagert sind und einen nur recht lose gefügten Verband bilden (Fig. 78—82). Fäden sind seltene Ausnahmefälle, und auch dann nur kurz und aus wenigen, meist runden Zellen bestehend.

In Beijerincks Lösung tritt also Zerfall der Fäden und Bildung eines Palmella-Stadiums ein. Die Lösung behagt aber der Alge sehr gut; makroskopisch bereits erscheinen die Kulturen von

gesunder dunkelgrüner Farbe. In jungen, noch kräftig wachsenden Kulturen erreichen die Kugeln des Palmella-Zustandes einen Durchmesser von 18μ ; am Rande alter Kulturen jedoch findet man weit größere Zellen, deren Durchmesser bis auf 33μ steigen kann. Jede Zelle (Fig. 78—84) ist lebhaft grün gefärbt durch mehrere scharf abgesetzte und deutlich sichtbare, wandständige Chlorophyllkörner von dick-ovaler Form; oft sind sie so dicht gelagert, daß sie eng aneinander stoßen und sich deshalb polygonal abgrenzen. Pyrenoide fehlen. Der meist ohne Färbungsmittel sichtbare Zellkern liegt zentral oder fast zentral. Die Membran ist meist recht zart und verdickt sich nur selten, wobei sie dann deutlich mehrschichtig wird; eine Vergallertung tritt nie ein. Stärke wird nicht abgelagert, dagegen wird als Reservestoff ein farbloses Fett gespeichert. Die an den Rand der Flüssigkeitsoberfläche gelangenden Zellen werden meist abnorm groß und oft unregelmäßig gestaltet, indem wohl infolge Mangels an Feuchtigkeit die vegetative Zellteilung verzögert wird. Diese Zellen am Rande speichern auch viel mehr Fett als die in der Lösung verbleibenden Zellen.

Benutzt man als Impfmateriale zu einer neuen Kultur in Beijerincks Lösung Palmella-Zellen aus alter Lösung, so bekommt man in der neuen Kultur nie die Fadenform, sondern gleich von Anfang an das Palmella-Stadium. Will man in der Lösung von neuem die verzweigten Fäden erhalten, so muß man unbedingt aus der Lösung erst wieder auf Agar oder ein anderes festes Substrat überimpfen und am besten mehrere Zellgenerationen daselbst als Fadenform ziehen. Solches Material, das auf dem festen Substrate die Fähigkeit, in Fadenform zu vegetieren, zurückerlangt hat, liefert in Lösung gebracht in der ersten Zeit wieder Fäden, um dann allerdings von neuem zu zerfallen. In der Meinung, bei Wahl höherer Konzentrationen auch in Lösungen dauerndes Vegetieren in Fadenform zu erhalten, wendete ich als Kulturmedium 1% Beijerinck Lösung an; die Alge kam hierin jedoch über eine anfängliche kümmerliche Entwicklung in Gestalt abnorm großer Kugeln nicht hinaus und starb hierauf ab.

Kultur auf Agar-Agar: Auf Nähragar gedeiht *Monocilia viridis* nur in der Fadenform (Fig. 77); auch wenn man Zellen des Palmella-Stadiums aus Lösung auf ihn überträgt, wachsen diese zu Fäden heran. Der Verband im Faden ist zwar auch auf diesem Substrate nur ein loser, nie jedoch tritt ein Zerfall oder eine Bildung des Palmella-Zustandes ein. Der Agar behagt sehr gut, so daß auf ihm kräftiges Wachstum stattfindet. Die Dicke der Fadenzellen beträgt im Maximum 16μ , gewöhnlich hält sie sich zwischen 6 und 14μ ; die Zelllänge liegt normal zwischen 12 und 20μ . Meist ist die Gestalt der Zellen durch Einschnürung an den Enden ein wenig tonnenförmig, seltener rein zylindrisch oder rundlich. Der Zellinhalt ist der gleiche wie in Lösung. Manche der auf Agar gewachsenen Zellen sind abnorm lang, nämlich bis 45μ ; solche Zellen sind wahrscheinlich während ihres Wachstums von anderen, darüber liegenden Zellen bedeckt gewesen und haben infolge Lichtmangels eine abnorme Streckung erfahren. Deshalb wohl sind diese Zellen auch arm an Plasma und namentlich arm an Chlorophyll.

Kultivierte ich *Monocilia viridis* auf feuchter Erde, so bekam ich gleich wie auf Agar Wachstum in Fäden.

Zoosporenbildung: Außer durch die vegetative Teilung kann auch Vermehrung durch Schwärmerbildung stattfinden. Stets ließ sich im Erlenmeyerkolben eine lebhafte Schwärmerbildung beobachten, wenn ich Material von einer Agarplatte oder von Erde in Beijerincks Lösung brachte, eine geringe dann, wenn aus alter Lösung in neue übergeimpft wurde. Eine sehr große Anzahl äußerst lebhaft beweglicher Zoosporen erhielt ich, wenn ich einige Fadenzellen vom Agar in das Regenwasser eines Hängetropfenpräparates brachte, 12—24 Stunden lang verdunkelte und dann belichtete. In jeder Zelle von gewöhnlicher Größe finden sich etwa 20 Chlorophyllkörner; bei der Zoosporenbildung zerfällt nun die Zelle meist in soviel Schwärmer als Chloroplasten in ihr vorhanden sind, denn jeder Schwärmer enthält in der Regel nur einen Chloroplasten, sehr selten deren zwei. Außerdem besitzt jede Zoospore einen sehr kleinen seitlichen Augenfleck. Ihre Länge beträgt bis 11μ , ihre Breite bis $4,5 \mu$; sie sind lang-eiförmig, zuweilen ein wenig gekrümmt, vorn zugespitzt, hinten breit und abgerundet. Die Bewegung vermittelt eine Cilie von 12μ Länge. Beim Keimen der Schwärmer findet Abrundung statt.

Monocilia flavescens.

Auch *Monocilia flavescens* besitzt einen verzweigten Faden- und einen Palmella-Zustand; sie entstammt ebenso wie *Monocilia viridis* den Tümpeln des Kleinen Hagen. Das Palmella-Stadium erhalte ich auch hier durch Kultur in Beijerincks Lösung, die Fadenform jedoch im Gegensatz zu *Monocilia viridis* nicht durch Kultur auf festem Substrat (Agar, Erde usw.), sondern in Tollenscher Lösung. Außerdem sind alle Kulturen dieser zweiten Art nie so schön tiefgrün gefärbt, wie es bei *Monocilia viridis* der Fall war, und endlich ist *Monocilia flavescens* überhaupt kleiner als *Monocilia viridis*.

Kultur in Beijerincks Lösung: In dieser Lösung gedieh *Monocilia flavescens* zwar gut, jedoch nie so üppig wie ihre Schwesterform; makroskopisch hatten die Kulturen eine hell-, im Alter eine gelblich-grüne Farbe. Nach erfolgter Impfung in die Lösung trat mittelstarkes Schwärmen und ein Auswachsen der gekeimten Schwärmer zu verzweigten Fäden ein, die genau so gestaltet sind wie bei *Monocilia viridis*. Die Zellen des Fadens sind auch hier in der Regel zylindrisch oder tonnenförmig, also längsgestreckt; ihre Länge steigt bis auf $16,5 \mu$, ihre Breite bis $7,5 \mu$.

Bei *Monocilia flavescens* zeigen nun die Fäden in Beijerincks Lösung gleich von Anfang der Kultur an das Bestreben zu zerfallen und ein Palmella-Stadium zu bilden, wobei die Zellen ebenfalls kugelig oder kugelähnlich anschwellen und die Teilungsrichtung eine ganz willkürliche wird. Meist trennen sich die Tochterzellen bald nach stattgehabter Teilung; jedoch kann man auch kleine, noch lose vereinigte Zellgruppen mit unregelmäßig orientierten Teilungsebenen finden. Sehr selten sind in älteren Kulturen kurze, nur spärlich verzweigte Fäden, deren Zellen aber

nicht mehr längsgestreckt, sondern mehr oder weniger kugelig sind, anzutreffen. Der Durchmesser der kugeligen *Palmella*-Zellen kann bis auf 20μ steigen, so daß also in älteren Kulturen auch Zellvergrößerung eintritt. Die Zellen von *Monocilia flavescens* sind sehr plasmaarm; jede enthält mehrere große, wandständige, scharf und deutlich hervortretende Chlorophyllkörner, die in gesunden Zellen durch dichte Lagerung sich oft polygonal begrenzen. Stets sind aber die Chloroplasten dieser Art dünner als die von *Monocilia viridis*, meist nur plattenförmig. Pyrenoide und Stärke fehlen; der zentral gelegene Kern ist schwerer sichtbar als bei der größeren Spezies, oft erst nach Färbung. Es tritt weder eine Verdickung noch eine Vergallertung der Membran ein. Die am Rande oberhalb der Flüssigkeit langsam eintrocknenden Zellen sind sehr groß, haben körniges Plasma und sind schon makroskopisch infolge Abnahme des Chlorophyllgehaltes und Auftretens eines fetten Öles gelblich gefärbt. Dieses schwach gelbe Fett ist nur in den Zellen am Rande, nicht in denen in der Lösung gespeichert.

Kultur in Tollens' Lösung: Die Entwicklung in ihr ist langsamer und geringer als in Beijerincks Lösung; außerdem tritt die Alge daselbst, wie bereits erwähnt, meist in stark verzweigten, wirr durcheinander verflochtenen Fäden auf. Die Fäden bestehen aus längsgestreckten zylindrischen oder aus kugelig angeschwollenen Zellen. Unregelmäßige Zellgruppen, entstanden durch beliebig orientierte Teilungen der Zellen, sind im Gegensatz zu dem Befunde in Beijerincks Lösung nur selten, und erst in sehr alten Kulturen (älter als $1\frac{1}{2}$ Jahr) werden rundliche Einzelzellen und unregelmäßige Zellkomplexe die Regel. In älteren Kulturen werden auch die in der Lösung lebenden Zellen gelblich-grün durch Aufspeicherung eines Fettes, während ja die in Beijerincks Lösung verbleibenden Zellen kein Fett bildeten. Am Rande oberhalb der Flüssigkeit finden sich auch hier nur Kugelzellen, die in ihrem Innern noch reichlicher Fett aufwiesen als die Zellen in der Lösung. Häufig stellen sich Zeichen von Erkrankung ein, indem die Zellen abnorm, bis 34μ groß werden, starke Einbuße an Chlorophyllgehalt erleiden und reichlich Vakuolen bilden.

Kultur auf Nähragar: Auf Agar löst sich ganz entgegen dem Befunde bei *Monocilia viridis* der Fadenverband fast vollständig und runden sich die Einzelzellen mehr oder minder kugelig ab. Die Zellteilung wird gleich wie in Beijerincks Lösung unregelmäßig, und die Tochterzellen trennen sich; höchstens kleine Gruppen einiger unregelmäßig zusammenhängender Zellen kann man finden. Der Zelldurchmesser steigt bis auf 18μ . Das Plasma ist etwas schaumig, im übrigen bleibt der Zellinhalt der gleiche wie in Lösungen; auch auf Agar wird als Reservestoff nicht Stärke, sondern Fett gebildet. Öfters trifft man Zellen an, die chlorophyllreicher sind, als es in Lösungen der Fall zu sein pflegt, und deren Chloroplasten zum Teil nicht wandständig gelagert sind, sondern auf der Kante stehen und ins Zellinnere eindringen.

Schwärmerbildung: Am leichtesten erhielt ich die Zoosporen, wenn ich Zellen aus der Lösung in destilliertes Wasser brachte und das Hängetropfenpräparat für die Dauer einer Nacht

verdunkelte. Auch bei *Monocilia flavescens* entstanden in den weitaus meisten Fällen aus einer Zelle soviel Schwärmer, als die Zelle Chloroplasten besaß; nur ausnahmsweise besaßen Zoosporen zwei Chlorophyllkörner. Die Länge der Schwärmer beträgt $7,5 \mu$, ihre Breite 3μ ; sie sind spindelförmig, vorn und hinten zugespitzt. Ist der seitlich liegende Chloroplast groß, so sind sie auf der grünen Seite stärker ausgebuchtet, also asymmetrisch gebaut. Sie besitzen ferner ein Stigma und eine Cilie von $7,5 \mu$ Länge. Sie kommen ziemlich schnell zur Ruhe unter Abrundung.

Stigeoclonium pusillum.

Tafel XII; Fig. 85—93.

Kultiviert wurde die Alge in den verschiedensten Medien, sowohl in Lösungen wie auf festen Substraten. Sie stammt aus einem der Tümpel auf dem Kleinen Hagen und wurde auf einer Agarplatte isoliert; sie eignete sich sehr schlecht für die Kultur in künstlichen Medien.

Kultur in Beijerincks Lösung (Fig. 87—93): Stets fand eine sehr langsame und sehr geringe Entwicklung in Form kleiner, lose am Boden der Kölbchen liegender Haufen von hellgrüner Farbe statt. Nach Beimpfen der Lösung entwickelt sich die Alge zuerst in kurzen Fäden (Fig. 87 u. 88), ohne jemals in größere Fadenverbände einzugehen. Die kurzen Fäden sind selten gerade, sondern meist unregelmäßig gebogen, so daß sie hefeartigen Verbänden (Fig. 88) ähnlich sehen. Anfangs sind die einzelnen Fadenzellen längsgestreckt-oval und teilen sich nur nach einer Richtung des Raumes; bald jedoch werden die Zellen des Fadens rund. Die Länge der Fadenzellen beträgt bis 20μ und die Breite bis 9μ ; der Durchmesser der Kugelzellen, die aber noch im Fadenverband vereinigt sind, steigt bis auf 18μ . Häufig stellen sich auch Anzeichen dafür ein, daß die Alge bestrebt ist, nicht einfache, sondern verzweigte Fäden zu bilden, und daß sie daran nur durch das ihr nicht zusagende Medium behindert ist; viele Zellen stülpen sich nämlich ein wenig in Form unregelmäßig gestalteter Fortsätze seitlich aus (Fig. 87). Nie aber habe ich verzweigte Zellfäden in Beijerincks Lösung beobachten können. Auch die einfachen unverzweigten Fäden existieren nur kurze Zeit in der Lösung; denn sehr frühzeitig, kurz nach Abrundung der Fadenzellen, wird die Teilung unregelmäßig, indem sie nicht mehr in nur einer Richtung, sondern beliebig nach allen Richtungen des Raumes stattfindet. Hierdurch verliert sich der Fadenverband, und an seine Stelle treten kleine Gruppen unregelmäßig zusammengehäufte Zellen. Noch später werden Einzelzellen zur Regel, da kurz nach der Teilung Trennung der Tochterzellen eintritt (Fig. 89 u. 90). Der Durchmesser solcher Einzelzellen beträgt bis 18μ .

Zellbau (Fig. 86, 89 u. 90): In jungen Kulturen sehen die Zellen gesund und lebhaftgrün aus. Das Plasma ist stets vakuolenreich und schaumig. Jede Zelle besitzt ein wandständiges, stets nur gering entwickeltes, dünnes Chromatophor, das niemals weit ins Zellinnere hineinragt; in den längsgestreckten Fadenzellen

nimmt es die eine Längsseite der Zelle als dünne, schwach gebogene Platte ein; in den Kugelnzellen hat es die Form einer Glocke, die der Membran anliegt. Der Chloroplast hat stets die Eigenschaft, sich nach dem Lichte einzustellen; er umschließt ein Pyrenoid. Der meist zentral gelegene Zellkern ist nur schlecht sichtbar. Die Membran besteht aus Cellulose und ist in geringem Grade quellbar; denn ein Teil der Zellen ist von dünner Gallert-hülle umgeben. Als Reservestoff wird Stärke in mittelgroßer bis beträchtlicher Menge gespeichert, und zwar hauptsächlich am Pyrenoid.

Involutionsformen (Fig. 91—93): Kurz nach Zerfall der Fäden in einzelne Zellen stellte sich ein neues Anzeichen dafür ein, daß die Beijerincksche Lösung der Alge gar nicht zusagt; es zeigen sich nämlich Krankheitssymptome, die bald alle Zellen ergriffen und schließlich deren Tod herbeiführten. Zuerst fallen auch noch die wenigen Zellen auseinander, die bis dahin in unregelmäßigen kleinen Gruppen lose zusammenhängen. Hierauf werden die Zellen abnorm groß, indem der Durchmesser bis auf 90μ steigen kann, und gehen ihrer kugeligen Gestalt mehr oder minder verlustig. Das Plasma wird sehr schaumig und ganz von Vakuolen erfüllt. Der Chloroplast bleibt nicht mehr auf die Peripherie beschränkt, sondern lagert sich ganz beliebig. Im Zellinnern häufen sich die Reservestoffe in hohem Maße, indem erstens die Menge der Stärke noch zunimmt und zweitens ein farbloses Fett in reichlicher Quantität hinzutritt. Am stärksten in Mitleidenschaft gezogen wird die Zellmembran (Fig. 91—93); sie verdickt sich sehr stark und wird deutlich mehrschichtig; meist findet keine gleichmäßige Verdickung statt, sondern die einen Stellen sind sehr bedeutend, andere dagegen nur schwach verdickt. In stark erkrankten, dem Absterben nahen Zellen bildet die Membran Höcker, die weit ins Innere dringen und sehr scharfe Schichtung zeigen, oder sogar Balken und Leisten, die das Zellinnere von Wand zu Wand quer durchziehen (Fig. 91). Endlich hat die verdickte Membran solcher stark kranker Zellen die Eigenschaft, in ihren äußeren Schichten abzusplittern.

Kultur in Tollens' Lösung: In dieser Lösung tritt ein noch langsames Wachstum und eine noch geringere Entwicklung ein als in der verdünnten Beijerinckschen Lösung; es bilden sich in ihr nur einige wenige kleine Häufchen, die aus je einer Zellgruppe bestehen, am Boden des Kolbens liegen und hellgrün aussehen. Betrachten wir ein solches Häufchen von Zellen unter dem Mikroskop, so sehen wir, daß von einem Mittelpunkte aus verzweigte Zellfäden gehen, deren Polarität zwar vorhanden, aber nur gering entwickelt ist. Die Verzweigung ist mittelstark und kommt durch Ausstülpung der Zellen an ihrem oberen Ende zustande. Alle Zellen des Fadens sind einander gleichwertig und alle teilen sich quer in einer Richtung. Haare fehlen stets. Die Fadenzellen sind längsgestreckt, meistens an den Enden eingeschnürt, seltener vollkommen zylindrisch; sie erreichen eine Länge von 36μ und eine Breite von 8μ , sind also weit länger gestreckt als in Beijerincks Lösung. Das Plasma ist hier ebenfalls schaumig, wenn auch wenig; über den Zellbau ist Neues sonst

nicht zu sagen. Stärke konnte nur wenig bis mittelviel nachgewiesen werden; es ist demnach weniger als in den Zellen vorhanden, die in Beijerincks Lösung gewachsen waren.

Wie wir gesehen, sind in Tollens' Lösung die Fäden weit besser entwickelt als in Beijerincks Lösung und auch verzweigt, während dies dort nicht der Fall war; in Tollens' Lösung bleibt nun außerdem der Fadenverband länger erhalten. Dann tritt aber auch hier zuerst eine Abrundung der Fadenzellen ein; hierauf krümmen und biegen sich die Fäden so lange, bis sie ganz oder teilweise zerfallen. Gleichzeitig findet die Zellteilung nicht mehr nach einer, sondern unregelmäßig nach allen Richtungen des Raumes statt; meist trennen sich die Tochterzellen, so daß in alten Kulturen größtenteils Einzelzellen von Kugelgestalt, deren Durchmesser bis auf 15 μ steigt, vorhanden sind.

• Kultur auf Agar (Fig. 85 u. 86): Auf Agar gedeiht *Stigeoclonium pusillum* hauptsächlich in Fäden, die aus längsgestreckten, an den Enden eingeschnürten Zellen bestehen und die ziemlich spärlich bis mittelstark verzweigt sind. In toto ist auch auf Agar das Wachstum nur gering, da dieses Substrat ebensowenig behagt wie die Lösungen. Makroskopisch sind die Agarkulturen gelblichgrün. Die Länge der Fadenzellen beträgt bis 30 μ , die Dicke bis 9 μ . Auf Agar zerfällt späterhin der Faden gleich wie in Lösungen sehr leicht; in alten Agarkulturen findet man daher viel Kugelzellen, die noch im Fadenverband liegen, und andererseits sehr große Einzelzellen von Kugelform mit einem Durchmesser bis zu 30 μ . Auch in den auf Agar gewachsenen Zellen ist der peripher gelegene, scharf hervortretende Chloroplast nur sehr dünn. Das Pyrenoid ist gleich deutlich sichtbar wie in Lösungen, der Kern dagegen ist auf Agar leichter zu sehen. Im übrigen sind die auf Agar gewachsenen Zellen sehr plasmaarm; die Vakuolen sind zahlreicher und größer als in den Zellen, die in den Lösungen kultiviert waren. Stärke wird sehr reichlich gespeichert, und zwar nimmt die Menge mit dem Alter der Zellen zu.

Kultur auf Erde: Wie wir gesehen haben, war die Alge auf keinem der künstlichen Substrate, sei es in Lösungen, sei es auf Agar, zu kräftiger Entwicklung gelangt. Deshalb versuchte ich eine Kultur auf angefeuchteter Erde mit dem Resultate, daß auf diesem natürlichen Substrate endlich ein weit besseres und schnelleres Gedeihen eintrat als in Lösungen und auf Agar. Auf der Erde wuchs *Stigeoclonium pusillum* in Form kleiner, dem Substrate fest aufsitzender Klümpchen, die makro- und mikroskopisch ein gesundes, tiefgrünes Aussehen hatten, während alle Kulturen in künstlichen Medien nur hell- bis gelblichgrün aussahen. Die Algenhaufen werden auf Erde auch viel größer als auf Agar und in Lösungen und sind stets von einer dicken Gallerthülle umgeben, indem alle Fäden sehr viel Gallerte ausscheiden, deren Menge mit dem Alter der Zelle noch zunimmt und die häufig, wohl sicher durch eine Eisenverbindung, schwach rotbraun gefärbt ist. Auf dem natürlichen Substrate erhält also *Stigeoclonium pusillum* auch seine Eigenschaft der Membranverquellung zurück, die ihm in künstlichen Medien fast gänzlich verloren geht.

In dem Klumpen sind die Zellen in dem für die Art typischen, mittelstark verzweigten Fadenverband vereinigt. Später löst sich gleich wie in den künstlichen Substraten der Fadenverband durch Auseinanderfallen der Zellen, wobei gleichzeitig Abrundung der Zellen eintritt und die Teilungen nicht mehr nach einer Richtung, sondern beliebig nach allen drei Richtungen des Raumes erfolgen. Stets bleiben aber die Zellen auch noch im Palmella-Stadium von großen Gallerthüllen umgeben. — Zellgröße und Zellbau sind die gleichen wie auf Agar und in Lösung. Als Reservestoff wird neben sehr viel Stärke ein farbloses Fett gespeichert.

Da *Stigeoclonium pusillum* als Fadenalge auch Zoosporen besitzen muß, wurden Versuche angestellt, Schwärmer im Hängetrophenpräparat zu erhalten. Alle Experimente schlugen jedoch fehl, obwohl ich als Ausgangsmaterial Zellen sowohl aus Lösungen wie von festen Substraten verwendete, und obgleich destilliertes Wasser, Regenwasser und neue Lösung im Hängetrophen gewählt wurden. Auch die Dauer der Verdunkelung wurde variiert, und ebenos verschiedene Jahreszeiten und verschiedene Temperaturen bei den Versuchen genommen. Stets aber erfolgte in den Präparaten einzig und allein vegetative Teilung, niemals Schwärmen. In einem Erlenmeyerkolben, der Beijerincks Lösung enthielt, konnten jedoch einmal an dem nach dem Lichte gerichteten oberen Flüssigkeitsrand gekeimte Schwärmer beobachtet werden, freilich nur in sehr geringer Anzahl. Vielleicht kommt dem *Stigeoclonium pusillum* die gleiche Eigenschaft zu wie dem von Klebs untersuchten *Stigeoclonium tenue*, das schon durch kurzes Kultivieren im Zimmer, besonders in Nährlösung, die Fähigkeit der Zoosporenbildung ganz oder fast vollkommen verliert.

Am Schluß des speziellen Teiles der Arbeit seien noch einige Worte über die systematische Gruppierung der von mir kultivierten und auf den vorangehenden Seiten beschriebenen niederen grünen Algenarten gesagt. Alle dauernd in Kultur gehaltenen Algen gehörten den Chlorophyceen an, und zwar im besonderen den Protococcoideen und Confervoideen. Die neu aufgestellte Gattung *Chlorosarcina* ist den Tetrasporaceen einzureihen; denn durch wiederholte vegetative Teilungen entstehen Kolonien von bestimmter Form, hier von Paketform, die Zellen sind sämtlich in Gallertmassen eingebettet, und neben der vegetativen Teilung findet sich Fortpflanzung durch Schwärmsporen. Über die Gründe, die mich bewogen haben, die Gattung *Gloeocystis* beizubehalten und die drei zur Untersuchung gelangten Vertreter derselben entgegen dem Verfahren anderer Botaniker nicht zur Gattung *Chlamydomonas* zu stellen, habe ich mich bereits bei Besprechung dieser Formen des näheren ausgelassen. Die Gattung *Gloeocystis*, die also im Gegensatz zur Gattung *Chlamydomonas* normal bewegungslos ist, muß natürlich auch zu den Tetrasporaceen gestellt werden.

Die Gattung *Cystococcus*, wie ich sie charakterisiert habe, gehört den Protococcaceen an, und zwar ist sie in nächste Nähe

der Gattung *Chlorococcum* zu stellen, von der sie sich zwar durch Anzahl und Gestalt der Chloroplasten unterscheidet, der sie jedoch in vielen sonstigen morphologischen und physiologischen Eigenschaften gleicht; vegetative Zellteilungen fehlen, die Vermehrung geschieht durch Schwärmsporen. Auch zu den Protococcaceen, und zwar in die Nähe von *Cystococcus* gehört *Dictyococcus varians*, die Kugelalge, welche aus dem Beggiatoen-Kulturgefäß stammt; sie besitzt gleich wie *Cystococcus* eine größere Anzahl peripher gelegener Chlorophyllkörper ohne Pyrenoide und zeigt auch noch einige andere Analogien im anatomischen Zellbau mit der Gattung *Cystococcus*, jedoch gestatteten namentlich die geringe Entwicklung in Lösungen, der Mangel an Fett und das Unvermögen der Membran, sich in alten Kulturen stark zu verdicken, nicht, sie zur Gattung *Cystococcus* selbst zu stellen.

Von Pleurococcaceen habe ich besonders Arten der Gattung *Chlorella* kultiviert. *Chlorella ellipsoidea* hat in Zellgestalt und Zellbau große Ähnlichkeit mit dem von Krüger untersuchten und beschriebenen *Chlorothecium saccharophilum*, war aber nicht wie jene Alge aus Saftflüssen eines Baumes isoliert. Auch *Aerosphaera faginea* ist den Pleurococcaceen beizuzählen, unter eine bisher schon bekannte Gattung war sie jedoch nicht einzureihen; denn von der Gattung *Chlorella*, der sie am meisten gleicht, scheidet sie ihre bedeutende Größe.

Die Frage nach der systematischen Stellung der beiden verwandten Arten *Planophila laetevirens* und *Chlorotetras asymmetrica* muß ich offen lassen. Wie erwähnt, besaßen die Zoosporen beider vier Cilien. Nun ist bei den Protococcoideen, von den Volvocaceen abgesehen, kein Fall bekannt, daß die beweglichen Zellen vier Geißeln trügen; wohl aber sind die Schwärmer sehr vieler Confervoideen mit vier Cilien ausgerüstet. Da es jedoch weder in den künstlichen Kulturmedien noch auf Erde zur Ausbildung eines eigentlichen typischen Faden- oder Flächenverbandes kam, so ließ sich auch nicht entscheiden, ob wir es sicher mit Entwicklungszuständen von Confervoideen zu tun haben, und, falls dies der Fall ist, von welchen Confervoideen-Arten sie Entwicklungszustände darstellen.

Zuletzt wurden einige verzweigte Fadenalgen besprochen, die den Chaetophoraceen einzureihen sind. Sämtliche drei Arten ließen sich unter keine der bisher beschriebenen Gattungen unterbringen. Was *Stigeoclonium pusillum* anbetrifft, so habe ich mich nur mit Zögern entschlossen, diese Alge der Gattung *Stigeoclonium* einzureihen; da namentlich das schlechte Gedeihen in Kultur und die große Schwierigkeit der Zoosporenbildung dagegen sprechen.

B. Allgemeiner Teil.

Das Gedeihen der Algenkulturen ist naturgemäß in hohem Grade abhängig von den Außenbedingungen, die man darbietet. So machten sich Licht und Temperatur im Leben der weit-aus meisten Algen recht stark geltend. Die Isolierung der einzelnen zur Untersuchung und Beobachtung gelangten Arten wurde größten-

teils während der Monate Oktober 1901 bis Februar 1902 ausgeführt, so daß bei Beginn des Frühjahrs sich die Algen in ihrem definitiven Kultursubstrat, fast stets also in anorganischer Nährsalzlösung, befanden. Im Verlaufe des Studiums der isolierten Formen fand ich nun, daß die geeignetste Jahreszeit für das Wachstum und überhaupt für eine kräftige gesunde Lebenstätigkeit der Algen die Monate Februar bis Mai waren, wo die nötige Lichtmenge und eine geeignete Temperatur zur Verfügung standen. Der wenigst geeignete Zeitpunkt waren die meist trüben, lichtarmen Monate November und Dezember sowie die heißen Monate des Sommers. Mangelte das Licht allzusehr auf längere Zeit, so wurde das Wachstum stark reduziert, stets waren aber noch lebenskräftige Zellen vorhanden, die zur Untersuchung und Beobachtung geeignet waren. Vollkommen ruhen mußten jedoch die Arbeiten in den heißen Sommertagen, wo die Algen gleichsam träge wurden und sehr viele in einen Ruhezustand, in ein Dauerstadium übergingen. Außerdem kam der Umstand hinzu, daß meine Kulturen nicht bakterienfrei waren, und daß sich dieser Mangel während der warmen Jahreszeit in seinen schädlichen Wirkungen und Folgen stärker fühlbar machte, besonders aber von dem Zeitpunkt an, wo es Pilzen gelungen war, in die Kulturlösungen zu gelangen. Die Pilze bekamen in der heißen Jahreszeit leichter die Oberhand als in den Monaten Oktober bis Mai und konnten alsdann in vereinzelt Fällen die Kultur zu Grunde richten. Deshalb unterließ ich im Sommer jegliche Neuimpfung und führte sonst nur die unbedingt notwendigen Untersuchungen aus. Im übrigen standen die Kulturgefäße während des Sommers ungestört an einem nach Osten gerichteten Fenster des Instituts, wo sie vor direkter Sonnenbestrahlung außer am frühen Morgen und am späten Abend geschützt waren. Stand die Sonne höher, so durften die Kulturen nicht der Bestrahlung ausgesetzt werden, da dann die hierdurch hervorgerufene, intensive Erwärmung schadete. Benecke erwähnt ja ebenfalls die schädigende Wärmewirkung der Sonnenstrahlen auf *Hormidium nitens* und andere Algen. Von Oktober bis Anfang Mai wurden die Algen an einem Nordfenster aufgestellt und waren hier gänzlich der direkten Bestrahlung entzogen. Die Hauptuntersuchungen nahm ich also nur in den Frühjahrsmonaten vor; besonders die Versuche über Schwärmerbildung gelangen zu dieser Zeit am besten, während sie im Sommer nur schlechte und mangelhafte Resultate ergaben.

Sehr bedeutend und wichtig war der **Einfluß des Kultursubstrates**. Einen Teil der Algen habe ich dauernd nur auf einem Nährboden gezogen, die weitaus meisten jedoch kultiviert in verschiedenen Medien, und zwar einesteils in verschiedenen Lösungen, anderenteils außerdem noch auf festen Substraten. Als Nährböden überhaupt verwendete ich Beijerincks Lösung, Tollens' Lösung, Beijerincks Nährsalzagar, Sand, der mit Nährlösung angefeuchtet war, und endlich feuchte Erde. Zuerst war ein Kultivieren nur in der von Beijerinck [3] anempfohlenen anorganischen Nährsalzlösung (1⁰/₀₀) ins Auge gefaßt; da es jedoch einem Teil der Algenarten darin nicht behagte, so kam zuerst die Tollenssche Lösung (2⁰/₀₀) in Anwendung, später, als sich ihr Bedürfnis heraus-

gestellt hatte, die festen Nährböden. Die Lösungen wurden beide in ganz schwach saurer Reaktion benutzt.

Einige der kultivierten Algenarten ließen sich nur sehr schwer künstlich ziehen und gelangten in den verschiedenen Nährsubstraten nie zu einem üppigen Wachstum. *Stigeoclonium pusillum* wuchs sowohl in den beiden Nährlösungen wie auch auf Agar nur äußerst wenig und langsam; gutes Gedeihen und vollkommen normale Ausbildung erhielt ich erst dann, als ich die Alge von den künstlichen Substraten auf ein natürliches Nährmedium, nämlich auf Erde, brachte. *Aerosphaera faginea* und *Hormidium parietinum* hatten sich dem Wachstum auf der Baumrinde und den hierselbst gebotenen spezifischen Lebensbedingungen so intensiv angepaßt, daß auch sie in künstlichen Nährböden nur kümmerlich gediehen und ihre Kultur auf die Dauer kaum durchführbar war. Für die im Beggiatoen-Kulturgefäß aufgetretene Rasse von *Chlorella vulgaris*, die sich morphologisch absolut nicht von *Chlorella vulgaris* Beijer. unterscheidet, wurde überhaupt kein künstliches Nährmedium, wo Entwicklung eingetreten wäre, gefunden; diese Rasse gedieh vielmehr einzig und allein in dem H₂S-haltigen Wasser der Beggiatoen-Kultur. Ein anderer Teil der Algen wuchs zwar sehr gut auf festen Substraten, dagegen nur schlecht und langsam in den Lösungen. So verhielt sich der normal bakterienähnlich erscheinende *Stichococcus exiguus*, der sich in Lösungen nur sehr langsam vermehrte und bald degenerierte, auf feuchtem Sande dagegen rascher gedieh und dauernd gesund blieb. Die beiden anderen, auf mehreren Substraten gezogenen Stichococcen, nämlich *Stichococcus subtilis* und *Stichococcus bacillaris*, gediehen in Beijerincks Lösung zwar sehr gut, nach längerer Kulturdauer zeigte sich aber, daß auch diese Arten sich in Lösung nicht dauernd gesund halten, sondern daß sie ebenfalls ein festes Substrat, wozu Erde und Sand am geeignetsten sind, erfordern und nur auf diesem dauernd kräftig und gesund bleiben. Ferner entwickelte sich *Dictyococcus varians* in Beijerincks Lösung recht langsam und wenig; auf Agar dagegen konnte er zu reichlichem Wachstum gebracht werden. Wieder andere Algenarten verhalten sich gerade umgekehrt, indem sie auf die Dauer nur in Lösungen gesund und kräftig zu erhalten sind, während auf festen Substraten baldiger Tod oder doch wenigstens Erkrankungen sich einstellen. Die *Gloeocystis*-Arten z. B. sind dauernd in Beijerincks Lösung, wo sie sehr üppig wachsen, zu kultivieren; Agar dagegen eignet sich weniger gut als Nährboden, indem auf ihm alle drei Arten viel schlechter und langsamer gediehen als in Lösungen und durch Änderungen im Zellbau anzeigten, daß ihnen der Agar nicht sonderlich zusagte. Während der Versuche konnte ich aber nicht nur zwischen festen Substraten einerseits und Lösungen andererseits einen Unterschied hinsichtlich der Einwirkung auf das Gedeihen meiner Algen feststellen, sondern die einzelnen Lösungen selbst, also Beijerincks und Tollens' Nährsalzlösung, waren für einzelne Algen in ganz verschiedenem Maße als Kulturmedium geeignet. So erwies sich für die Gattung *Chlorosarcina* die Tollenssche Lösung als ein sehr geeignetes Substrat, Beijerincks Lösung dagegen als wenig behagend. Die Gattung *Gloeocystis* bevorzugte umgekehrt stets

die Beijerincksche Lösung. Die einzelnen *Chlorococcum*-Arten verhielten sich den beiden Lösungen gegenüber verschieden; zum Teil konnte diese ihre Eigenschaft sogar bei der Charakterisierung der Art verwendet werden. *Chlorococcum infusionum* I gedieh in beiden Lösungen ungefähr gleich gut, während die Art II in Beijerincks Lösung und die Art IV in Tollens' Lösung eine kaum nennenswerte Entwicklung zeigte. *Monocilia flavescens* wuchs in Beijerincks Lösung mittelgut, in Tollens Lösung dagegen schlechter. Was bei dieser zum Teil verschiedenen Wirkungsweise der beiden Lösungen in Betracht kommt, bleibt dahingestellt; die Reaktion kann nicht verantwortlich sein, da sie in beiden Fällen schwach sauer gewählt wurde. Neben dieser großen Anzahl von Algenarten, die sich in den einzelnen Nährmedien ganz verschieden verhalten, stehen andere, die in den Lösungen und auf den festen Substraten gleich gut gedeihen; zu dieser Gruppe gehören die *Chlorella*-Arten, natürlich außer *Chlorella vulgaris sulfurea*, die beiden *Cystococcus*-Spezies und *Planophila*, wohl aber auch noch andere der kultivierten Algen, worüber ich nur keine Versuche angestellt habe.

Als wir die einzelnen niederen grünen Algenarten isolierten, bekamen wir auf den Agarplatten und den übrigen Isolierungs substraten auch Einzelkolonien verschiedener Diatomeen- und Cyanophyceen-Arten. In der Absicht, Vertreter auch dieser Algengruppen in Kultur zu ziehen und zu beobachten, brachten wir die einzelnen Arten in Beijerincks Lösung. In keinem Falle gelang es jedoch, die Diatomeen und Cyanophyceen dauernd in Lösung zu kultivieren, da ziemlich baldiger Tod eintrat. Nur eine *Navicula*-Spezies konnte ich länger als ein halbes Jahr in Beijerincks Lösung gesund erhalten, dann ging aber auch diese Alge zu Grunde.

Es sei an dieser Stelle gestattet, einige Worte über **Versuche mit hohen Konzentrationen** zu sagen, die ich bereits bei Besprechung des *Stichococcus flaccidus* und des *Stichococcus fragilis* erwähnt habe. Zu Vorlesungszwecken wurde Anfang Januar 1904 ein Gemisch von verschiedensten Algen in konzentrierte Lösungen eingimpft, die zur Hälfte aus Wasser, zur Hälfte aus Beijerincks Lösung bestanden und denen entweder 2% NaCl oder 3% KNO₃ zugesetzt wurde; die Gefäße wurden an einem nach Norden gerichteten Fenster aufgestellt und vor direktem Sonnenlicht geschützt. Sowohl in der Kochsalz- wie in der Kalisalpetrelösung trat reichliche Entwicklung einer Algen- und Pilzvegetation auf; beim allmählichen Steigen der Konzentration infolge der Wasserverdunstung bei längerer Kultur starben dann die Algenarten ab, nachdem sie vorher in der Regel Dauerzustände eingegangen waren oder krankhafte Veränderungen in Zellbau und Zellinhalt erlitten hatten. In der Kalinitratlösung gingen beim Steigen der Konzentration zuerst die höheren Fadenalgen (*Conferven*, *Oedogonium*) und die Cyanophyceen zu Grunde; bei 7% KNO₃ verschwanden die Diatomeen (*Melosira*, *Navicula* etc.) und bei 8% die *Stichococcus*-Arten, die sich anfangs sehr stark entwickelt hatten. Erst bei 10–15% KNO₃ starben *Chlorella vulgaris*, die recht üppig gediehen war, und die braunen Dauerzellen von

Scenedesmus caudatus und von *Haematococcus pluvialis*. Als nach halbjähriger Kultur die Konzentration auf 15% KNO_3 gestiegen war, fand sich neben vielem Pilzmycel nur noch eine *Chlorococcum*-Art, die anfangs nur vereinzelt aufgetreten war, von 7% an jedoch den Hauptbestandteil der Algenvegetation bildete, besonders an der Flüssigkeitsoberfläche. Bei 10–12% KNO_3 beobachtete ich fast nur schwärmende Zustände dieses *Chlorococcum*, ein Beweis, daß die Lösung nicht behagt; bei noch höherer Konzentration erfolgte nicht mehr ein Zerfall in Schwärmer, sondern in Akineten, und die Membran der großen Mutterzellen verdickte sich in seltenen Fällen. Diese *Chlorococcum*-Spezies blieb nun auch noch am Leben, nachdem Sättigung der Lösung mit KNO_3 eingetreten (etwa 30% KNO_3) und am Boden des Gefäßes eine größere Menge KNO_3 auskristallisiert war; dieser Zeitpunkt stellte sich nach zehnmonatlicher Kultur ein. Wachstum fand nun zwar nicht mehr statt, die Zellen sahen aber recht gesund aus und hatten ihre freudig-grüne Farbe und den deutlich sichtbaren Zellbau bewahrt; als Reservestoff war Stärke gespeichert. Die Zellmembran war zuweilen stark verdickt, in der Regel jedoch ebenso zart und dünn wie in normaler Nährlösung.

In 2% Kochsalzlösung gelangten von dem eingepfropften Algenmaterial gleich wie in der KNO_3 -Lösung am Anfang namentlich *Chlorella vulgaris* und verschiedene *Stichococcus*-Spezies zu reicher Entwicklung. Bei beginnendem Eindunsten der Lösung starben auch in NaCl zuerst die höheren grünen und die blaugrünen Algen, hierauf die Diatomeen ab. Von den übrigen Algenarten wurde die konzentrierte NaCl -Lösung in den ersten Monaten besser ertragen als die konzentrierte KNO_3 -Lösung, später jedoch war in ihr ein schnelles Absterben dieser Formen zu beobachten. Bei 5,5% NaCl gingen die *Stichococci* zu Grunde, nachdem die Zellen vorher in sehr starkem Maße allerlei Erkrankungssymptome gezeigt hatten. Zwischen 6 und 10% verschwanden zuerst die Dauerzellen von *Haematococcus*, dann die von *Scenedesmus* und die bis zum Tode gesund und normal erscheinenden Zellen der *Chlorella vulgaris* (einige *Chlorella*-Zellen wurden allerdings abnorm groß). Oberhalb 10% NaCl , d. h. nach einem halben Jahre, wurde nur das *Chlorococcum* angetroffen, das sich auch in KNO_3 als die resistanteste Form erwiesen hatte. Schwärmer bildete es in dieser hochkonzentrierten Lösung nicht mehr, sondern nur bewegungslose Akineten. Eine Untersuchung nach 10 Monaten bei 14% NaCl zeigte nur noch Dauerformen von *Chlorococcum*, die bedeutend mit Stärke (weit mehr als in KNO_3) angefüllt waren, infolgedessen schmutzig-grün erschienen und die eine derbe, stark verdickte und verquellende Membran besaßen. Kurz oberhalb 14% NaCl starb auch noch diese letzte Alge ab.

Von *Chlorella vulgaris* abgesehen, erwiesen sich also diejenigen Algenarten am widerstandsfähigsten in konzentrierten Lösungen, welche befähigt sind, in einen Dauerzustand überzugehen. Für alle Algenarten lag die obere Konzentrationsgrenze bei KNO_3 höher als bei NaCl ; ja die *Chlorococcum*-Art konnte ihr Leben noch in gesättigter Kalisalpetrelösung fristen. Wie lange sie diese

extremen Lebensbedingungen ertragen hätte, wurde nicht ermittelt. Daß die höher organisierten Fadenalgen am schwierigsten an hoch konzentrierte Lösungen anzupassen sind und daß die niederen Algenformen sich betreffs der oberen Konzentrationsgrenze ganz verschieden verhalten, hat bereits A. Richter nachgewiesen, der systematische Versuche über die Anpassungsfähigkeit einer großen Anzahl von Süßwasseralgen an Kochsalzlösungen angestellt und dabei auch eingehend die Formveränderungen berücksichtigt hat. Angaben über das Vermögen mancher Algen, an ihrem natürlichen Standorte in hoch konzentrierten Salzlösungen zu leben, finden sich bei Pfeffer und Stange.

Stark beeinflußt durch das Kulturmedium wurde die **Wuchsweise** vieler der von mir kultivierten Algen, namentlich der Fadenalgen. Die beiden Rassen von *Conferva bombycina*, die in jungen Kulturen normal in Form langer Fäden gedeihen, zerfallen in alten erschöpften Nährlösungen und besonders leicht dann, wenn sie am Gefäßrande infolge Mangel an Feuchtigkeit langsam austrocknen. *Stichococcus subtilis* wuchs, von einem festen Substrat abgeimpft, in der Lösung fast ausschließlich in Form einer Decke, welche die Oberfläche der Kulturflüssigkeit überzieht. Allmählich verliert aber die Alge in der Nährlösung die Fähigkeit der Deckenbildung, indem der Zusammenhalt der Fäden gelockert und so die schöne, regelmäßige Form der Decke geändert wird und schließlich ein Untersinken der Fäden in die Lösung stattfindet. Sodann tritt ein Spaltungsprozeß des untergetauchten Fadens ein, wie ihn Klebs [3] beschrieben hat. In alten Lösungen sind daher nur untergetauchte Bruchstücke von Fäden anzutreffen, und erst ein längeres, mindestens sechsmonatliches Verweilen auf festen Substraten, auf denen stets nur der Fadenverband vorkommt und sich niemals, falls man Austrocknen verhindert, der Zerfall der Fäden einstellt, befähigt den *Stichococcus subtilis* wieder, auch in Lösung von neuem eine Zeitlang in Form langer schwimmender Fäden, die eine geschlossene Decke bilden, zu wachsen. *Stichococcus bacillaris* und *Stichococcus exiguus* (Fig. 66—76) leben normal einzellig, indem bald nach der Teilung Trennung der entstandenen Tochterzellen stattfindet. Beide Arten verlieren aber durch längeres Kultivieren in Lösung diese Eigenschaft und bilden kurze Fäden, die aus einigen wenigen Zellen bestehen. Auf festen, genügend feuchten Substraten finden sich stets nur Einzelzellen, und die in älteren Lösungen erhaltenen Fäden zerfallen bald, wenn man sie auf feuchten Sand oder Erde bringt.

Monocilia viridis wurde durch die verschiedenen Kultursubstrate insofern sehr schön und regelmäßig in ihrer Wuchsform beeinflußt, als sie auf festen Nährböden in Fadenform (Fig. 77), in Lösungen aber im Palmella-Stadium (Fig. 78—84) vegetierte. Auf Agar und auf Erde wächst die Alge stets im Fadenverband; impfe ich von hier in Lösung, so bleibt der Fadenverband auch darin einige Zeit in typischer Form bestehen, nach zwei Monaten jedoch zerfällt der Faden, wobei gleichzeitig Abrundung der Zellen eintritt und die vorher regelmäßig nach einer Raumrichtung erfolgende vegetative Zellteilung unregelmäßig wird, indem sie beliebig nach allen Richtungen erfolgen kann. Die Zellen des so

entstandenen Palmella-Stadiums sind nur dadurch, daß man sie längere Zeit (mehrere Zellgenerationen) auf Erde oder Sand, also festen Substraten, kultiviert, wieder dahin zu bringen, daß sie auch in Lösung von neuem für etwa zwei Monate in der Fadenform wachsen. *Monocilia flavescens* besitzt gleicherweise ein Faden- und ein Palmella-Stadium, nur sind die Bedingungen ihres Auftretens andere als bei *Monocilia viridis*. Der Palmella-Zustand entsteht gleich wie bei *Monocilia viridis* durch Kultur in Beijerincks Lösung, aber auch auf festen Nährböden (Agar und Erde); will man die Fadenform, so muß man die Alge in Tollens' Lösung kultivieren. Impft man Fäden aus Tollens' Lösung in Beijerincks Lösung oder auf feste Nährmedien, so erhalten sie sich nur sehr kurze Zeit und zerfallen dann in Einzelzellen unter den nämlichen Erscheinungen wie die Fäden von *Monocilia viridis*.

Die Alge *Stigeoclonium pusillum*, die auf allen künstlichen Substraten nur schlecht gedieh und erst auf Erde zu normalem Wachstum zu bringen war, erwies sich ebenfalls in ihrer Wuchsform stark abhängig von den einzelnen Substraten. In Beijerincks Nährlösung erhielt ich niemals verzweigte, sondern nur kurze, hefeartig entwickelte, unverzweigte Fäden (Fig. 87 u. 88), die außerdem sehr bald zerfallen unter Bildung der typischen Palmella-Zellen (Fig. 89 u. 90), die rund sind und eine nach den drei Raumrichtungen beliebig erfolgende Teilung zeigen. In Tollens' Lösung kommt es dagegen zur Ausbildung verzweigter Fäden, die länger als in Beijerincks Lösung sind und später, sowie schwerer zerfallen; Zerfall zu einem Palmella-Stadium tritt aber auch in dieser Lösung ein. Auf Nähragar (Fig. 85 u. 86) sind die Fäden in gleicher Weise wie in Tollens' Lösung entwickelt, d. h. verzweigt, und zerfallen späterhin ebenfalls. Auf feuchter Erde, wo die Alge sehr gut in Form verzweigter Fäden gedeiht, ist später doch stets der Zerfall zu beobachten. Je ungünstiger sich das Nährsubstrat für *Stigeoclonium pusillum* erwies, um so spärlicher verzweigt sind seine Fäden und um so rascher zerfallen diese beim Kultivieren in einzelne Palmella-Zellen.

Als sehr stark abhängig von Kulturmedium und Kulturdauer zeigte sich auch die **Gallertbildung** einer Anzahl Algen. *Gloeocystis vesiculosa* bildet in frischer Beijerincks Lösung auf der Flüssigkeitsoberfläche eine geschlossene Haut, die fest zusammengehalten wird durch stark entwickelte Gallertmembranen, von denen alle Zellen umgeben sind. Nach bestimmter Kulturdauer reißt nun diese Decke ein, indem die Gallerte infolge des Kultivierens in Nährsalzlösung allmählich zum Schwinden kommt. Normale Gallertausscheidung erfolgt in Lösungen erst dann wieder, wenn die Zellen einige Zeit auf festem Substrat, am besten auf Erde, kultiviert wurden; auf Erde erlangen die Zellen die in Lösung verloren gegangene Eigenschaft der Gallertbildung voll zurück. Auf Agar ist die Gallertmembran zwar anfangs sehr üppig entwickelt, verquillt aber auch hier durch längeres Verweilen der Zellen auf ihm, und zwar noch leichter als in Lösung. *Gloeocystis ampla* besitzt eine noch besser entwickelte und resistenterere Gallertmembran als *Gloeocystis vesiculosa*,

trotzdem verquillt diese durch Kultur in Nährsalzlösungen ebenfalls vollkommen, wenn auch schwerer und langsamer; durch Kultur auf Agar wird das Schwinden der Gallerte dieser Art nicht beschleunigt. Auf die Gallerte von *Gloeocystis major* wirkt das Kultivieren in Lösungen gleichfalls schädlich ein, bringt sie jedoch nie gänzlich zum Schwinden; auch auf Agar ist stets Gallertmembran anzutreffen. Die Gallerte, von der die Zellen der *Gloeocystis*-Arten umhüllt sind, wird also mehr oder weniger weit vernichtet, wenn man die Zellen in Nährsalzlösungen oder auf Nährsalzagar kultiviert.

Ganz anders verhält sich eine andere Tetrasporacee, nämlich *Chlorosarcina minor*. In Tollens' Lösung, die sehr gut zusagte, nahm die Ausscheidung von Gallerte um die Zellen und Zellgruppen herum mit der Kulturdauer zu, war also in alten Kulturen am bedeutendsten. In Beijerincks Lösung, die ja überhaupt eine nur kümmerliche Entwicklung gestattete, war auch die Gallertbildung sehr gering; ungeeignetes Nährsubstrat reduzierte demnach die Gallertausscheidung. Schnelle und deutlich wahrnehmbare Quellung der Gallerthülle konnte man beobachten, wenn *Chlorosarcina minor* zur Schwärmerbildung sich anschickt; beachtenswert war dabei der Umstand, daß die Quellung nicht gleichmäßig, sondern ruckweise erfolgte. Auch bei *Stigeoclonium pusillum* verminderte das Kultivieren in ungeeigneten Nährmedien die Ausscheidung von Gallerte; in allen künstlichen Substraten waren Wachstum und Entwicklung äußerst gering und war die Membran nur in bescheidenem Maße zur Gallertbildung fähig. Auf Erde dagegen, wo normales reiches Gedeihen eintrat, waren alle Zellen, lagen sie nun im Fadenverband oder befanden sie sich im Palmella-Stadium, von breiter dichter Gallerthülle umgeben.

Wie wir gesehen haben, entwickelt sich eine Reihe von Algen in verschiedenen Nährsubstraten in ungleich starkem Maße. Häufig ist dabei zu konstatieren, daß die verschiedenen Nährböden auch die Zellgröße und den Zellbau spezifisch beeinflussen. Zuweilen entstehen in Nährlösungen, die weniger gut behagen, abnorm große Zellen, während unter günstigeren Lebensbedingungen kleinere Zellen vorhanden sind; so verhält sich z. B. *Planophila laetevirens* in der zur Kultur sehr geeigneten 1⁰/₁₀₀ Beijerinckschen Lösung und in der weniger zusagenden verdünnten (0,5⁰/₁₀₀) Beijerincks Lösung, in der wohl die Zellteilung verzögert wird. In anderen Fällen finden sich gerade auf geeigneten Nährböden größere Zellen als auf schlecht behagenden, indem auf ersteren das Wachstum der Zellen befördert wird. *Dictyococcus varians* wird in Lösung nur bis 16,5 μ groß, während in dem weit günstigeren Agar der Durchmesser der Zellen auf 57 μ steigen kann. *Chlorosarcina minor* teilt sich in Tollensscher Lösung sehr lebhaft, in der nicht sonderlich zusagenden Beijerinckschen Lösung dagegen viel langsamer, so daß in letzterer größere Zellen, jedoch niemals so umfangreiche Paketkolonien auftreten wie in Tollens' Lösung. Häufig läßt sich aus dem Zellbau darauf schließen, ob einer Alge der Nährboden behagt oder nicht, indem im letzteren Falle Reduktion des Plasmas und des Chromatophoren, Erscheinen von Vakuolen, Anhäufung von Reservestoffen, Ver-

dickung der Membran und andere Anzeichen des Nichtbehagens eintreten können. Ich will nur an die ungleich starke Ausbildung der Chloroplasten bei *Dictyococcus varians* und bei *Aerosphaera faginea* in Beijerincks Lösung und auf Agar erinnern. Zuweilen sind schon makroskopisch die kräftig gedeihenden Kulturen durch eine lebhafter, reiner grüne Farbe vor schlecht wachsenden Kulturen derselben Alge kenntlich, wenn man auch ganz von der Menge des zur Entwicklung gelangenden Algenmaterials absieht.

Alle von mir in Kultur gehaltenen Algen speicherten naturgemäß **Reservestoffe** auf, und ganz allgemein nahmen diese mit dem Alter der Zellen und dem der Kulturen an Menge zu. Solange die Kultur kräftig und gesund war, konnten keine oder nur wenig Reservestoffe nachgewiesen werden, bei eintretendem Nährsalzmangel jedoch stellten sie sich ein oder nahmen an Menge stark zu. In Kulturmedien, die nicht behagten, fanden sich fast ausnahmslos die Reservestoffe reichlicher abgelagert als in den günstig wirkenden Substraten. In besonders beträchtlicher Menge wurden im allgemeinen die Reservestoffe in denjenigen Zellen gespeichert, die an den Flüssigkeitsrand kamen und daselbst infolge Mangels an genügender Feuchtigkeit allmählich eintrockneten. Als Reservestoffe kommen Stärke, Fette und in Ausnahmefällen Gerbstoffverbindungen in Betracht. Bei folgenden Algenarten wurde niemals, wie auch die Lebensbedingungen variiert wurden, Stärke gefunden: bei der Gattung *Ophiocytium*, bei den verschiedenen Chlorellen, bei *Aerosphaera faginea*, *Raphidium fasciculatum*, den Conferven, bei *Stichococcus bacillaris* und *exiguus* und der Gattung *Monocilia*. Im allgemeinen speichern die Arten keine Stärke, denen ein Pyrenoid fehlt, und umgekehrt; ausnahmslos gilt dieser Satz aber nicht, namentlich nicht von der Gattung *Cystococcus*. Bei den mit Pyrenoid versehenen Algenarten tritt stets zuerst um das Pyrenoid herum Ablagerung der Stärke ein. Durch das Vermögen, sehr viel Stärke speichern zu können, zeichnen sich namentlich die Gattungen *Gloeocystis* und *Chlorococcum*, sowie *Chlorosarcina minor* und *Planophila laetevirens* aus. Ziemlich leicht und schnell kann man die Stärkemenge in den Zellen alter Kulturen reduzieren, wenn man neue Nährsalzlösung zugibt.

Nicht die gleich bedeutende Rolle als Reservestoff wie die Stärke spielen Fette; die Zahl der Algenarten, die neben Stärke auch noch Fett oder ausschließlich Fett speichern können, ist geringer als die Zahl von Algen, in deren Zellen Stärke nachweisbar ist. Die gespeicherten Fette sind entweder farblos oder durch Farbstoffe mehr oder weniger gerötet. Fett, und zwar intensiv gerötetes, ist der Hauptreservestoff der *Cystococcus*-Arten, wo es in so starkem Maße überhand nehmen kann, daß es beinahe die ganze Zelle in Form eines großen Tropfens erfüllt. Ebenso reichlich und in gleicher Weise tritt auch bei *Chlorococcum infusionum I* und *II* ein orangerotes Fett auf, während *Chlorococcum infusionum III* und *IV* erst in alten Kulturen bei ungünstigen Existenzbedingungen ein wenig farbloses Fett aufspeichern. *Chlorosarcina minor* bildet neben Stärke noch ein orangefarbenes Fett in bedeutender Quantität, so daß die Kulturen dieser Alge gleich wie die von *Cystococcus* und von *Chlorococcum infusionum I*

und *II* bereits makroskopisch intensiv gerötet erscheinen und das Vorhandensein von Fett auch dem unbewaffneten Auge anzeigen. Ist bei diesen Algenarten das Fett ohne jeden chemischen Nachweis als solches kenntlich, so muß man es bei *Chlorella acuminata* und *ellipsoidea* erst nachweisen, da es daselbst nur in geringer, fein verteilter Menge vorkommt. Außerdem bilden Fette den Reservestoff in den Dauerzellen von *Scenedesmus caudatus*, die hierdurch ihre charakteristische braune Farbe erhalten, bei *Conferva bombycina* und der Gattung *Monocilia*; bei *Monocilia viridis* ist es farblos, bei *Monocilia flavescens* schwach gelb gefärbt. Die Stichococcen speichern zum Teil auch Fett, und zwar namentlich diejenigen Arten, denen ein Pyrenoid und Stärke fehlt, also *Stichococcus bacillaris* und *Stichococcus exiguus*. Endlich ist auch *Stigeoclonium pusillum* befähigt, unter gewissen Bedingungen ein farbloses Fett in ziemlich beträchtlicher Menge zu speichern.

In seltenen Fällen fanden sich als Reservestoff auch Gerbstoffe, nämlich bei den beiden Rassen von *Ophiocytium cochleare*, *Ophiocytium breve* und neben Fett bei *Conferva bombycina*. Nachgewiesen wurde der Gerbstoff durch Eisenchlorid und durch Kaliumbichromat, die beide die charakteristischen Reaktionen ergaben.

Die hauptsächlichsten Beobachtungen und Untersuchungen der Algen wurden stets mit gesundem kräftigem Material aus jungen Kulturen angestellt. Wurden die Kulturen älter, so eigneten sich die Algen weit schlechter zu Versuchen, da sie mit der Zeit in **Ruhe- oder Dauerstadien** übergingen. Der Grund für die Bildung der Dauerzellen ist in verschiedenen Umständen zu suchen; die Hauptursache ist die allmähliche Erschöpfung der Lösung, also Nährsalzmangel. Befördert wird die Entstehung von Ruhezuständen durch langsames Eintrocknen der Zellen; denn stets war festzustellen, daß die Zellen, welche an den Rand der Flüssigkeitsoberfläche kamen und daselbst infolge Eindunstens der Lösung einem zunehmenden Mangel an Feuchtigkeit ausgesetzt waren, früher und ausgeprägter in den Dauerzustand übergingen als die Zellen, welche in der Lösung verblieben und dort durch Nährsalzmangel ebenfalls in ungünstige Lebensbedingungen gelangten. Ferner verursachte, wie bereits erwähnt, der Sommer mit seinen Licht- und Temperaturverhältnissen einen Übergang in Ruhestadien. In wenig zusagenden Nährsubstraten trat im allgemeinen der Dauerzustand früher und leichter ein, als in Substraten, die zur Kultur gut geeignet waren. Hauptcharakteristika der Ruhezellen sind mehr oder weniger weit gehende Verdickung der Zellmembran und Aufspeicherung großer Reservestoffmengen, wodurch der Zellbau undeutlich wird und oft auch die gesamte Kultur makroskopisch ein anderes Aussehen in der Farbe erhält. Diese beiden Eigenschaften zeichnen die Dauerzellen fast aller Algenarten aus, daneben können sich aber auch noch andere Veränderungen einstellen, nämlich Vergrößerung der Zellen durch Ausbleiben oder Verzögerung der Teilung, Abweichungen von der normalen Zellgestalt, Auftreten oder Vermehrung der Vakuolen, Zerfall der Kolonien und Spaltungsprozeß der Fäden.

Die Vertreter der Gattung *Chlorella* erleiden bei zunehmendem Alter der Zellen und Kulturen kaum nennenswerte Umwandlungen; das Plasma wird durch geringe Fettablagerung nur wenig körnig, und die Zellmembran verdickt sich gar nicht oder doch nur in bescheidenem Maße. Auch andere Algenarten verändern sich nur wenig, so die Gattung *Ophiocytium*, *Dictyococcus varians*, *Aerosphaera faginea*, *Chlorosarcina* und die Stichococcen. Schön ausgeprägte, typische Dauerzellbildung erhielt ich bei *Planophila laetevirens*, jedoch nur am Rande oberhalb der Flüssigkeit, bei *Chlorotetras asymmetrica*, den Cystococcen, Chlorococcen und bei *Scenedesmus*. Auch *Gloeocystis vesiculosa* war imstande, Ruhezellen durch Schwinden der Gallerte, Vergrößerung und Abrundung der Zellen und Zunahme der Stärkemenge zu bilden, während *Gloeocystis ampla* und *Gloeocystis major* während der Dauer meiner Kulturen keine Dauerstadien ergaben. Von den in Kultur gehaltenen Fadenalgen bildeten besonders ausgeprägt Dauerzellen *Conferva bombycina* und die Gattung *Monocilia*.

Bei vielen der Algen blieb es nun aber in wenig behagenden oder in alten erschöpften Nährböden nicht bei der Umwandlung in Dauerstadien, sondern es kam zur Bildung von **Involutionszellen**. Die Gründe des Entstehens von Involutionsformen waren die nämlichen wie für die Bildung der Ruhezellen, indem als Ursachen ihres Auftretens namentlich Erschöpfung des Nährbodens und schlecht zusagende Substrate in Frage kamen. Daneben konnten die Erkrankungen noch durch starke Pilzinfektion der Kultur hervorgerufen werden. Sowohl der lebende Zellinhalt wie die Membran erlitten eine Reihe Veränderungen, bis schließlich bei Andauern oder gar bei noch weiterer Zunahme der ungünstigen Faktoren der Tod der Zellen eintrat. Besonders schön zeigten sich die Erkrankungen bei den Algenarten, denen das Kultivieren in Lösung nicht behagte. Bei *Chlorotetras asymmetrica* (Fig. 12—15) gehen die Dauerzellen allmählich in Involutionsformen über, indem das Plasma stark reduziert wird, der Chloroplast sich vollkommen unregelmäßig lagert und namentlich die Membran durch unregelmäßig erfolgende Verdickung und teilweisem Absplittern ihrer äußeren Schichten sehr stark krankhafte Umbildungen erleidet. Ebenso stark erkrankten infolge längerer Kultur in Beijerincks Lösung die Zellen von *Stigeoclonium pusillum* (Fig. 91—93); nach Zerfall der Fäden und Abrundung der Einzelzellen schwellen diese stark an, ihr Plasma wird schaumig, durch Reservestoffe erfüllt und von Vakuolen durchsetzt. Der Chloroplast gibt auch hier seine normale Lagerung auf; am meisten leidet wiederum die Membran, die sich ungleich stark verdickt, nach innen Höcker und Querbalken bildet und nach außen absplittert.

Ophiocytium cochleare (Fig. 19—23) erkrankt infolge Kultivierens in Nährsalzlösung, besonders wenn Pilzinfektion stattgefunden hat; während das Plasma körnig bis schwammig wird und der Chlorophyllgehalt abnimmt, verdicken sich die Zellen, schwellen unregelmäßig an und bauchen sich aus. Vor dem Tode wird das Plasma fast vollständig durch Vakuolen verdrängt. *Ophiocytium breve*, dem ja die Kultur in Nährlösung viel besser bekommt als *Ophiocytium cochleare*, erleidet auch keine weit-

gehenden krankhaften Veränderungen; die Zellen werden infolge Nährsalzmangels nur abnorm lang und dick und biegen sich ein wenig (Fig. 29 u. 30). Die Involutionsformen von *Raphidium fasciculatum* (Fig. 54—58) entstehen stets nach einiger Zeit in der Kulturlösung; nachdem das Plasma körnig geworden ist, nimmt es ebenso wie der Chlorophyllgehalt mehr und mehr ab. Gleichzeitig erleidet die Zellgestalt die sonderbarsten Veränderungen, indem Anschwellungen, Verzweigungen und Krümmungen entstehen. Sehr stark ausgeprägte Involutionsbildungen erleidet auch *Conferva bombycina*, und zwar sowohl *genuina* als auch *minor* (Fig. 59—62). Unter Anschwellung der Zellen zerfällt der Faden, worauf sich Reservestoffe anhäufen und die Membran ungleichmäßig verdickt wird. Vor dem Absterben der Zelle wird auch bei *Conferva* das Plasma und der Chlorophyllgehalt reduziert. In vollständig erschöpften Lösungen gehen sogar die gekeimten Schwärmer krankhafte Bildungen ein (Fig. 63—65).

Die beiden von mir kultivierten *Cystococcus*-Arten werden sehr leicht durch Pilze geschädigt und schließlich auch abgetötet; krankhafte Veränderungen vor dem Tode fehlen aber, abgesehen davon, daß die Membran sich in Form eines kurzen derben Stieles an einzelnen Stellen verdicken kann. Die Dauerzellen von *Chlorococcum* sterben unter sehr ungünstigen Lebensbedingungen schließlich ab, nachdem vorher die verdickte Membran in einzelnen Außenschichten abgesplittert ist; wirkliche Involutionsformen fehlen jedoch ebenso wie bei *Cystococcus*. Die Dauerzellen von *Gloeocystis vesiculosa* können involut werden, indem ihr Durchmesser abnorm groß und ihre Gestalt ein wenig unregelmäßig wird. Auch *Chlorella vulgaris* Beijer. erleidet, wenn die Nährsalzlösung sich erschöpft, abnorme Zellvergrößerung unter gleichzeitiger Reduktion des Chloroplasten und des Plasmas infolge Entstehens großer Vakuolen. Die Involutionsformen von *Aerosphaera faginea* zeichnen sich nur durch Schwinden des Zellinhalts aus; sie entstehen auf alten, langsam eintrocknenden Agarplatten.

Stichococcus subtilis zeigte in alten erschöpften Nährlösungen neben dem Spaltungsprozeß der Fäden die im speziellen Teile beschriebene Verschlingung mehrerer Fäden zu einem Taue und die unregelmäßige, gekröseartige Krümmung dieser Taue und auch der einzelnen Fäden. Diese krankhafte Verbiegung und Verflechtung der Fäden war auch bei *Stichococcus fragilis* und besonders bei *Stichococcus flaccidus* zu beobachten, wenn sie in konzentrierten NaCl- oder KNO₃-Lösungen kultiviert wurden. Stark involut durch Infektion der Kultur mit Pilzmycel wird *Stichococcus bacillaris*; der Chloroplast verliert an Größe, während gleichzeitig Länge und Breite der Zellen stark zunehmen. Ferner bleibt die normal bald nach der Teilung erfolgende Trennung der Tochterzellen aus, so daß kurze Fäden entstehen. Etwa die gleichen Veränderungen erleidet *Stichococcus exiguus* durch längere Kultur in Lösung, nur kann auch noch bei ihm infolge Anschwellungen die Zellgestalt unregelmäßig werden (Fig. 75 u. 76). Geringe krankhafte Veränderungen kann *Monocilia flavescens* durch Mangel an genügender Feuchtigkeit zeigen; die Zellen werden abnorm groß und inhaltsarm.

Betrachten wir die Involutionzellbildung noch einmal insgesamt, so sehen wir, daß niedere grüne Algen gleich wie Bakterien und Pilze befähigt sind, Involutionsformen zu bilden. Auch die Gründe ihres Entstehens und ihre charakteristischen Merkmale entsprechen denen, die bei Bakterien und Pilzen vorhanden sind. Manche der kultivierten Algenarten ergaben nie Involutionsformen, andere erst dann, wenn die Kulturen der Erschöpfung und dem Absterben nahe sind, andere endlich schon in jungen Kulturen, wenn die natürlichen Lebensbedingungen nicht voll und ganz gegeben sind. Die hauptsächlichsten Merkmale sind gleich wie bei Pilzen und Bakterien: Allmähliches Schwinden des Zellinhalts, Unregelmäßigkeiten in der Membran und Änderung der Zellgröße und Zellgestalt. Die Involutionsformen, die ich von *Raphidium fasciculatum* erhalten habe, erinnern zum Beispiel sehr auffallend an die Involutionsformen, wie sie schon lange für Essigbakterien bekannt sind.

Zuletzt will ich noch kurz die Erfahrungen, die im Laufe der Kulturzeit mit der **Schwärmerbildung** gemacht wurden, zusammenfassen. Schon makroskopisch ließ sich feststellen, welche der in Kultur gehaltenen Algenformen zur Schwärmerbildung befähigt sind. Durch Überimpfen aus alter Kultur in neue oder noch intensiver durch Überimpfung von einem festen Substrate in Kulturlösung wurden die Algen zur Schwärmerbildung angeregt. Die Zoosporen suchten die Lichtseite der Erlenmeyerkölbchen auf und gelangten nach einiger Zeit des Schwärmens an dem oberen Flüssigkeitsrande der Lichtseite zur Ruhe, wo sie einen schon makroskopisch sichtbaren grünen Streifen bildeten. In jungen Kulturen entstehen auch noch weiterhin durch Zerfall der Zellen Schwärmer, bald jedoch bleibt es beim Zerfall der Zellen, ohne daß ein Ausschwärmen der Sporen eintritt.

Bei der systematischen Untersuchung der einzelnen Algenarten war ich nun gezwungen, auch auf experimentellem Wege Schwärmer zu ziehen, die Algen also durch geeignete Bedingungen zur allgemeinen Zoosporenbildung zu zwingen. Schon kurze Zeit nach Beginn der eigentlichen Algenuntersuchungen hatte man einige Methoden in Anwendung gebracht, die es gestatteten, die Algen willkürlich zur Schwärmerbildung zu veranlassen. Systematische Versuche über die Anwendung und die Gebrauchsfähigkeit verschiedener Methoden zur experimentellen Erzielung von Schwärmern einer großen Anzahl grüner Algen aus allen Verwandtschaftskreisen verdanken wir Klebs [3]. Ich habe mich zur Heranzucht der Zoosporen der bekannten Hängetropfenpräparate bedient, die für einige Zeit dunkel gestellt wurden; brachte ich das Präparat sodann ans Tageslicht, so trat bald allgemeines Schwärmen der im Dunkeln vorgebildeten Zoosporen ein. Als Material für die Präparate benutzte ich Zellen, die aus jungen Nährsalzlösungen oder noch besser von einem festen Substrate stammten. Im allgemeinen waren nämlich die Zellen, welche auf einem festen Substrate gewachsen waren, leichter und schneller fähig, durch Übertragen in Wasser Schwärmsporen zu bilden, als die Zellen, welche Nährsalzlösungen, also flüssigen Medien entstammten; besonders deutlich zeigte sich dies bei den *Chlorococcum-*

und den *Cystococcus*-Arten. Von Wichtigkeit war bei den meisten Algenarten nicht nur das Ausgangsmaterial des Versuchsmaterials, sondern auch das Medium des hängenden Tropfens. In der Regel fand ich den bekannten Satz bestätigt, daß Nährsalzmangel die Zoosporenbildung begünstigt. Die schnellste und reichlichste Schwärmerbildung erhielt ich, wenn ich die Algen in möglichst salzarmes Medium, also in Regenwasser oder in destilliertes Wasser, übertrug, weit geringere und langsamere, wenn ich sie nur in neue Nährsalzlösung brachte; häufig führte letztere Methode überhaupt nicht zum Ziele. Um den Prozeß des Zerfalls der Zellen in Zoosporen zu beschleunigen, wurde das Hängetropfenpräparat außerdem stets verdunkelt. Naturgemäß verwendete ich zu diesen Schwärmerversuchen junges, lebenskräftiges Material aus gut gedeihenden Kulturen, da dieses meinen Zwecken am besten entsprach. In alten Zellen und alten Kulturen findet nämlich eine beträchtliche Abnahme der Fähigkeit zur Zoosporenbildung statt. Sehr schön ließ sich diese Tatsache zum Beispiel an den drei *Gloeocystis*-Arten beobachten; junge Zellen aus kräftig wachsenden Kulturen begannen nach wenigen Minuten im Regenwasser unter dem Deckglas zu schwärmen. Die Zellen aus älteren Kulturen verlieren diese Fähigkeit der schnellen und leichten Zoosporenbildung, und um sie zum Schwärmen zu bringen, muß man sie in ein Hängetropfenpräparat überführen und für die Dauer einer Nacht verdunkeln. Ebenso waren die Dauerzellen der verschiedenen Algenarten, so die von *Cystococcus* und *Chlorococcum*, nur sehr schwer zur Bildung von Schwärmern anzuregen.

Zur Erzielung der Schwärmerbildung wendete ich also Entziehung der Nährsalze und des Lichtes an; natürlich gingen die einzelnen Algenarten verschieden leicht ins Schwärmerstadium über. Durch kein Mittel, wie auch das Ausgangsmaterial und das Medium des Hängetropfens gewählt wurde, war *Stigeoclonium pusillum* zum Schwärmen zu veranlassen. Ebenso gelang es nicht, die Stichococcen experimentell zur Zoosporenbildung anzuregen. Auch Klebs [3] hatte von *Stichococcus subtilis* (*Hormidium nitens*) nur vereinzelt, und ohne die Bedingungen ihres Entstehens ergründen zu können, Schwärmer erhalten. Ich bekam nur im Erlenmeyerkolben nach Impfen von Fäden in neue Lösung allmählich schwaches Schwärmen, nicht dagegen im hängenden Tropfen. Noch weiter ausgeschaltet ist die Schwärmerbildung bei *Stichococcus bacillaris*, von dem nicht sicher festgestellt werden konnte, ob er in neuen Lösungen Schwärmer bildet; bei *Stichococcus exiguus* endlich scheint die vegetative Teilung überhaupt die einzige Vermehrungsart zu sein. Demnach wäre bei den Stichococcen ein Zurücktreten der Zoosporenbildung als Vermehrungsart gegenüber der vegetativen Teilung zu beobachten, und dieser Prozeß wäre bei den einzelnen Spezies der Gattung verschieden weit vorgeschritten. Nur schwer herbeizuführendes und kurz andauerndes Schwärmen war bei *Ophiocytium cochleare* festzustellen. *Ophiocytium breve* schwärmte in neuer Kulturlösung zwar leicht und reichlich, experimentell im Hängetropfen erhielt ich jedoch nur dann Schwärmen, wenn das Kulturmaterial in vollkommen salzfreies, also destilliertes Wasser übertragen und für

die Dauer von mindestens 36 Stunden verdunkelt wurde. *Monocilia viridis* ergab reichlich Schwärmerbildung, wenn als Ausgangsmaterial Zellen vom Agarnährboden oder von Erde, dagegen nur kümmerliches Schwärmen, falls Zellen aus Lösungen gewählt wurden. *Chlorotetras asymmetrica* schwärmte im Hängetropfen überhaupt nur dann, wenn das Versuchsmaterial von einem festen Substrate entnommen wurde.

Im Gegensatz zu den soeben genannten Algenarten erhielt ich sehr leicht Schwärmerbildung bei den Gattungen *Chlorosarcina* und *Gloeocystis* sowie bei *Planophila laetevirens*; bei ihnen genügte bereits die Übertragung von Zellen aus kräftig wachsenden Kulturen auf den Objektträger in Regenwasser, um nach sehr kurzer Zeit ziemlich allgemeines Schwärmen zu erhalten, und zwar ohne jeglichen Entzug des Lichtes. Bedingung war einzig und allein kräftiges, gut wachsendes Algenmaterial aus jungen Kulturen.

Kopulation der Schwärmer konnte nur bei den beiden *Cystococcus*-Arten beobachtet werden. *Chlorosarcina minor* ergab außer den ungeschlechtlichen Zoosporen noch eine zweite Art von Schwärmern, die wohl sicher geschlechtlich waren, jedoch nicht zur Kopulation gelangten; sie entstanden erst durch längere Verdunkelung des Ausgangsmaterials, während durch Verdunkelung für die Dauer nur einer Nacht einzig die ungeschlechtlichen, weniger elegant beweglichen Schwärmer auftraten. Die Dauerzellen von *Gloeocystis vesiculosa* ergaben durch Zerfall ebenfalls geschlechtliche, äußerst schnell und lange Zeit bewegliche Schwärmer, die allerdings ebensowenig kopulierten wie die Gameten von *Chlorosarcina minor*.

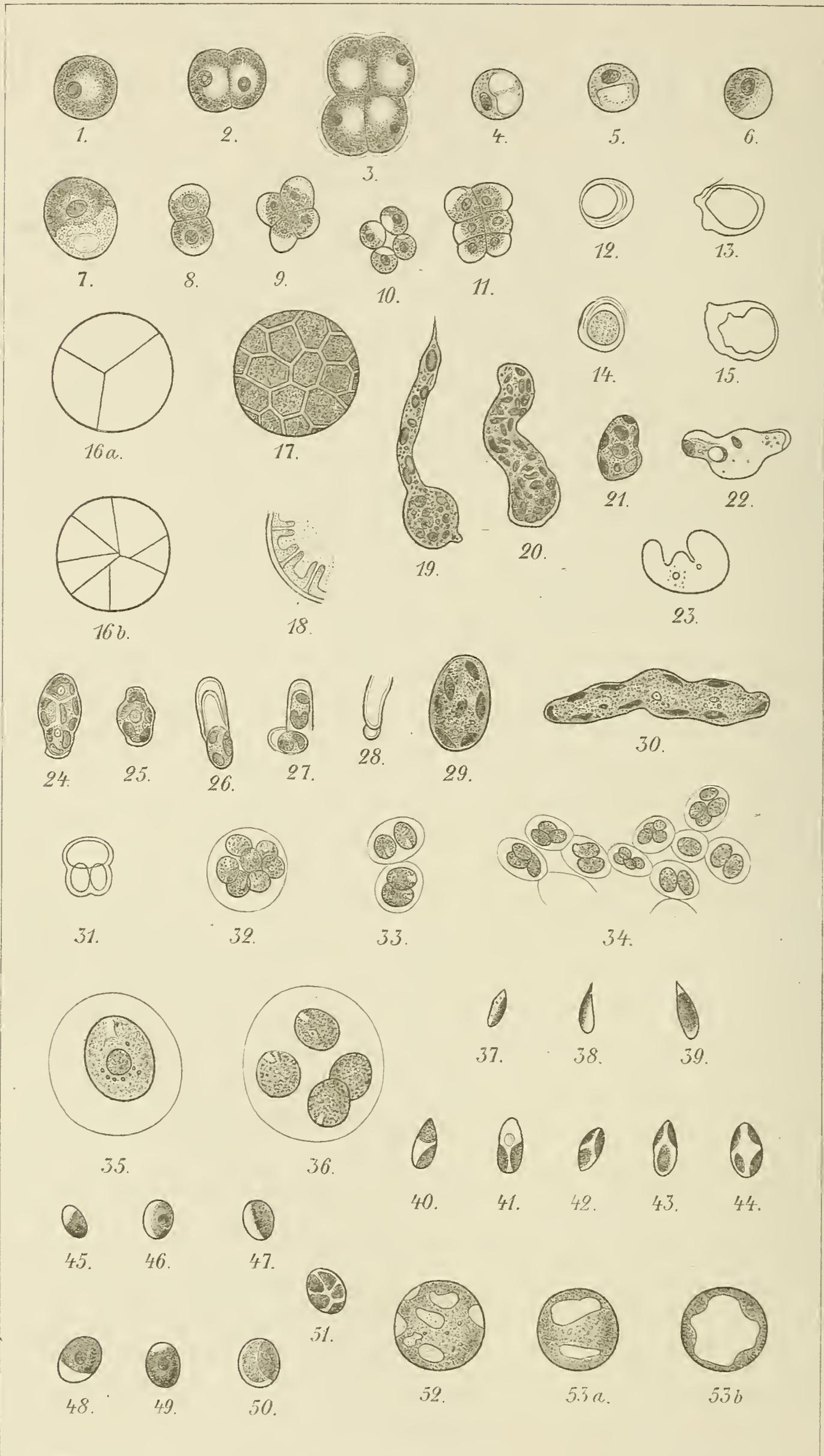
Ein Teil der Algen, die durch Zerfall ihrer Zellen normalerweise bewegliche Zoosporen bilden, verlieren mit steigendem Alter der Kulturen allmählich diese Eigenschaft; dafür entstehen durch den Zerfall unbewegliche vegetative Akineten oder Aplanogameten, die bereits innerhalb der Mutterzellmembran sich mit eigener Zellhaut umgeben. Die Ursache ihres Auftretens ist wohl in Nährsalzmangel des Kultursubstrates zu suchen. Meist geht der Zerfall in Akineten nicht so weit wie der in Zoosporen, so daß letztere kleiner sind als die Akineten der gleichen Algenart. In besonders schöner Ausbildung und Häufigkeit konnten die Akineten bei *Chlorococcum* und *Cystococcus* beobachtet werden, ferner noch bei *Ophiocytium cochleare* und *Ophiocytium breve*. Auch die Zellen von *Chlorosarcina elegans* und die Dauerzellen von *Gloeocystis vesiculosa* ergaben zuweilen durch Zerfall nicht Zoosporen, sondern Aplanogameten.

Literatur.

- Artari, A. [1], Untersuchungen über Entwicklung und Systematik einiger Protococcoideen. (Bulletin de la Soc. imp. des nat. de Moscou. Nouv. sér. T. 6. 1892.)
- Artari [2], Über die Entwicklung der grünen Algen unter Ausschluß der Bedingungen der Kohlensäure-Assimilation. (Bull. de la Soc. imp. des nat. de Moscou. Nouv. sér. T. 13. 1899.)
- Artari [3], Zur Ernährungsphysiologie der grünen Algen. (Bot. Berichte. 19. 1901.)
- Artari [4], Zur Frage der physiologischen Rassen einiger grüner Algen. (Bot. Ber. 20. 1902.)
- Artari [5], Über die Bildung des Chlorophylls durch grüne Algen. (Bot. Ber. 20. 1902.)
- Artari [6], Zur Frage über die Wirkung des Mediums auf die Form und Entwicklung der Algen. (Separatabdr. aus der Zeitschr. der Ks. Moskauer Polytechn. Schule.) Moskau 1903.
- Artari [7], Der Einfluß der Konzentrationen der Nährlösungen auf die Entwicklung einiger grüner Algen. I. (Pringsh. Jahrb. 40. 1904.)
- Beijerinck, M. W. [1], Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen Algen. (Bot. Zeit. 1890.)
- Beijerinck [2], Bericht über meine Kulturen niederer Algen auf Nährgelatine. (Centralbl. für Bakt. 13. 1893.)
- Beijerinck [3], Notiz über *Pleurococcus vulgaris*. (Centralbl. für Bakt. II. Bd. 4. 1898.)
- Benecke, W., Über Kulturbedingungen einiger Algen. (Bot. Zeitg. 1898.)
- Bouilhac, R. [1], Sur la culture du *Nostoc punctiforme* en présence du glucose. (Comptes rendus 125. 1897. p. 880.)
- Bouilhac [2], Sur la végétation d'une plante verte, le *Nostoc punctiforme*, à l'obscurité absolue. (Comptes rend. 126. 1898. p. 1583.)
- Bouilhac [3], Sur la végétation du *Nostoc punctiforme* en présence de différents hydrates de carbone. (Comptes rend. 133. 1901. p. 55.)
- Bouilhac [4], Influence du méthylal sur la végétation de quelques algues d'eau douce. (Comptes rend. 133. 1901. p. 751.)
- Charpentier P. G. [1], Sur l'assimilation du carbone par une Algue verte. (Comptes rend. 134. 1902. p. 671.)
- Charpentier [2], Recherches sur la physiologie d'une Algue verte. (Ann. de l'Institut Pasteur. 17. 1903.)
- Charpentier [3], Alimentation azotée d'une Algue, le *Cystococcus humicola*. (Ann. de l'Inst. Pasteur. 17. 1903.)
- Chodat, R. [1], Über die Entwicklung der *Eremosphaera viridis* de By. (Bot. Zeitg. 1895.)
- Chodat [2], Sur le polymorphisme des algues vertes. (Arch. d. sc. phys. et nat. de Genève. 3. 1897.)
- Chodat [3], On the polymorphism of the green Algae and the principles of their evolution. (Annals of Bot. 11. 1897.)
- Chodat [4], Algues vertes de la Suisse. Bern 1902.
- Chodat et Grintzesco [1], Cultures pures d'algues protococcacées. (Arch. d. sc. phys. et nat. Genève. 10. 1900.)
- Chodat et Grintzesco [2], Sur les méthodes de culture pure des Algues vertes. (Compte rendu du Congrès intern. de Bot. à l'Expos. univ. de 1900.)

- Cieñkowski, [L. [1], Über einige chlorophyllhaltige Gloeocapsen. (Bot. Zeitg. 1865.)
- Cienkowski [2], Über Palmellen-Zustand bei Stigeoclonium. (Bot. Zeitg. 1876.)
- Dill, O., Die Gattung Chlamydomonas und ihre nächsten Verwandten. (Pringsh. Jahrb. 28. 1895.)
- Etard, A., et Bouilhac R., Présence des chlorophylles dans un Nostoc cultivé à l'abri de la lumière. (Comptes rend. 127. 1898. p. 119.)
- Famintzin A. [1], Die anorganischen Salze als ausgezeichnetes Hilfsmittel zum Studium der Entwicklungsgeschichte der niederen Pflanzenformen. (Bot. Zeitg. 1871.)
- Famintzin [2], Die anorganischen Salze als ausgezeichnetes Hilfsmittel zum Studium der Entwicklung niederer chlorophyllhaltiger Organismen. (Bull. de l'Acad. imp. des sc. de S.-Pétersbourg. 17. 1872.)
- Francé, R., Die Polytomeen, eine morphologisch-entwicklungsgeschichtliche Studie. (Pringsh. Jahrb. 26. 1894.)
- Frank, Th., Kultur und chemische Reizerscheinungen der Chlamydomonas tingens. (Bot. Zeitg. 1904.)
- Gaidukov, N. [1], Einige Bemerkungen über die Alge Pseudopleurococcus Snow. (Arbeiten der Petersburger Naturf. Ges. 30, 1. 1899.)
- Gaidukov [2], Über die Ernährung der Chromulina Rosanoffii. (Hedwigia. 39. 1900.)
- Gaidukov [3], Über die Algen Ulothrix flaccida Kuetz. und Uronema Lagerh. (Tagebl. IX. Verein. russ. Naturf. u. Ärzte. 1901.)
- Gaidukov [4], Über die Algen Stigeoclonium Kuetz., Pseudopleurococcus Snow., Pleurococcus Chodat und Protoderma Kuetz. (Tagebl. XI. Verein. russ. Naturf. u. Ärzte. 1901.)
- Grintzesco, J. [1], Recherches expérimentales sur la morphologie et la physiologie de Scenedesmus acutus Meyen. (Bull. de l'herb. Boissier. Sér. 2. Bd. 2. 1902.)
- Grintzesco [2], Contribution à l'étude des Protococcacées: Chlorella vulgaris. (Revue gén. de Bot. 15. 1903.)
- Heurck, H. van, Traité des Diatomées. Anvers 1899. (Ref. Zeitschr. für Mikroskopie. 16. 1899.)
- Karsten G., Über farblose Diatomeen. (Flora. 1901.)
- Kirchner, O., Algen. (Cohn, Kryptog.-Flora von Schlesien. II. Breslau 1879.)
- Klebs, G. [1], Über die Organisation einiger Flagellaten-Gruppen und ihre Beziehungen zu Algen und Infusorien. (Tübinger Untersuchungen. I. 1883.)
- Klebs [2], Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. (Tübinger Unters. II. 1888.)
- Klebs [3], Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896.
- Klercker, J. af, Über zwei Wasserformen von Stichococcus. (Flora. 1896.)
- Knörrich, F. W., Studien über die Ernährungsbedingungen einiger für die Fischproduktion wichtiger Mikroorganismen des Süßwassers. (Plöner Ber. 8. 1901.)
- Kossowitsch, P., Untersuchungen über die Frage, ob die Algen freien Stickstoff assimilieren. (Bot. Zeitg. 1894.)
- Krüger, W., Beiträge zur Kenntnis der Organismen des Saftflusses der Laubbäume. (Zopfs Beiträge zur Phys. u. Morph. nied. Org. 4. 1894.)
- Krüger und Schneidewind, Sind niedere chlorophyllgrüne Algen imstande, den freien Stickstoff der Atmosphäre zu assimilieren und den Boden an Stickstoff zu bereichern? (Landw. Jahrb. 29. 1900.)

- Lagerheim, G., Zur Entwicklungsgeschichte einiger Confervaceen. (Bot. Ber. 5. 1887.)
- Livingston, B. E. [1], On the nature of the stimulus which causes the change of form in polymorphic green Algae. (Bot. Gazette. 30. 1900.)
- Livingston [2], Further notes on the physiology of polymorphism in green Algae. (Bot. Gazette. 32. 1901.)
- Macchiati, L., Sur la culture des Diatomées. (Journal de micrographie. 6. 1892.)
- Matruchot, L., et Molliard, M. [1], Variations de structure d'une Algue verte, *Stichococcus bacillaris* Naeg., sous l'influence du milieu. (Comptes rend. 131. 1900. p. 1248.)
- Matruchot et Molliard [2], Variations de structure d'une Algue verte sous l'influence du milieu nutritif. (Revue gén. de Bot. 14. 1902.)
- Migula, W., Über den Einfluß stark verdünnter Säurelösungen auf Algenzellen. (Inaugural-Dissert.) Breslau 1888.
- Miquel, P. [1], Recherches expérimentales sur la physiologie, la morphologie et la pathologie des Diatomées. (Ann. de micrographie. 1892—95.)
- Miquel [2], De la culture artificielle des Diatomées. (Le Diatomiste. I. 1892.)
- Molisch, H., Die Ernährung der Algen. (Sitzungsber. der K. Akad. zu Wien. 104 u. 105. 1895—96.)
- Moore, G. T., New or little known unicellular algae. II: *Eremosphaera viridis* and *Excentrosphaera*. (Bot. Gazette. 32. 1901.)
- Naegeli, C., Gattungen einzelliger Algen. Zürich 1849.
- Oltmanns, Fr., Morphologie und Biologie der Algen I. Jena 1904.
- Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie. 2. Auflage.
- Rabenhorst, L., Flora europaea algarum. Leipzig 1864—68.
- Radais [1], Sur la culture pure d'une algue verte; formation de chlorophylle à l'obscurité. (Comptes rend. 130. 1900. p. 793.)
- Radais [2], Sur la culture des algues à l'état de pureté. (Actes du Congrès intern. Bot. 1900.)
- Richter A., Über die Anpassung der Süßwasseralgen an Kochsalzlösungen. (Flora. 1892.)
- Richter, O., Reinkulturen von Diatomeen. (Bot. Ber. 21. 1903.)
- Schmidle, W., Über den Bau und die Entwicklung von *Chlamydomonas Kleinii*. (Flora. 1893.)
- Senn, G., Über einige koloniebildende einzellige Algen. (Bot. Zeitg. 1899.)
- Serbinow, Über eine neue pyrenoidlose Rasse von *Chlamydomonas stellata* Dill. (Bulletin du Jardin Imp. de Bot. de St. Pétersbourg. 2. 1902.)
- Stange, B., Beziehungen zwischen Substratkonzentration, Turgor und Wachstum bei einigen phanerogamen Pflanzen. (Bot. Zeitg. 1892.)
- Tischutkin, N., Über Agar-Agarkulturen einiger Algen und Amöben. (Centralbl. für Bakt. II. Bd. 3. 1897.)
- Ward, M., Some methods for use in the culture of Algae. (Ann. of Bot. 13. 1899.)
- Wille, N. [1], Chlorophyceen. (Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien.)
- Wille [2], Algologische Notizen IX—XIV. (Nyt Magazin f. Naturv. 41. 1903.)
- Wille [3], Algologische Mitteilungen. (Pringsh. Jahrb. 18. 1887.)
- Zumstein, H., Zur Morphologie und Physiologie der *Euglena gracilis* Klebs. (Pringsh. Jahrb. 34. 1900.)



Erklärung der Abbildungen.

Tafel XI.

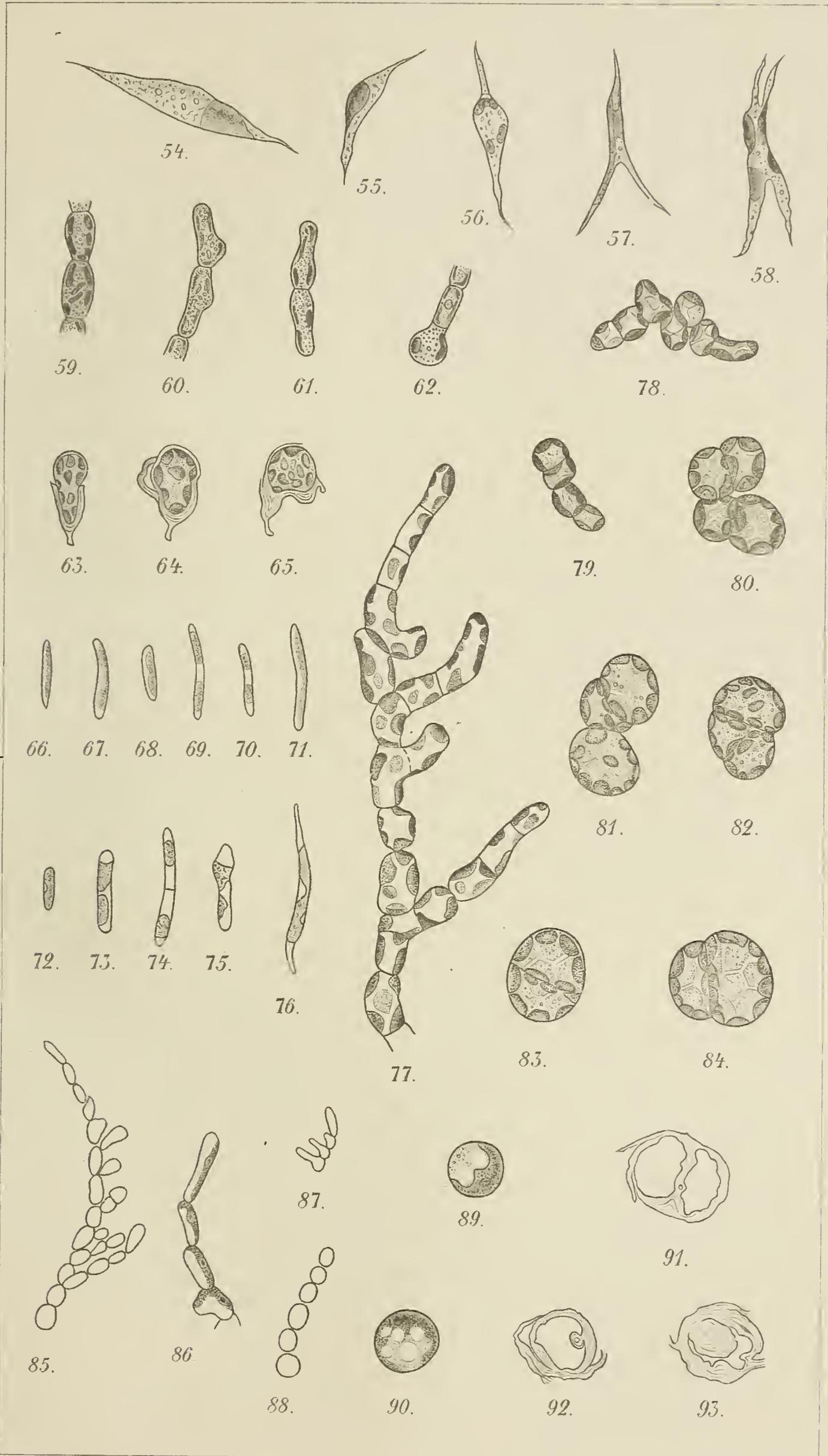
- Fig. 1—3. *Chlorosarcina minor*. Einzelne Zelle und Zellkolonien; von Beijerincks Agar stammend. Vergr. 1:787.
- Fig. 4 u. 5. *Planophila laetevirens*. Auf Agar gewachsen. Vergr. 1:787.
- Fig. 6. *Planophila laetevirens*. Zelle aus einer alten Kultur, Beijerincks Nährlösung, stammend. Zellinhalt stark körnig. Vergr. 1:520.
- Fig. 7. *Chlorotetras asymmetrica*. Einzelne vom Agar entnommene Zelle. Vergr. 1:787.
- Fig. 8—11. *Chlorotetras asymmetrica*. Verschiedene Zellkolonien aus Beijerincks Lösung. Vergr. 1:520.
- Fig. 12—15. *Chlorotetras asymmetrica*. Involutionsformen aus alten Kulturen. Vergr. 1:360. Die geringen Reste des plasmatischen Inhalts sind zum Teil nicht eingezeichnet.
- Fig. 16. *Dictyococcus varians*. Skizzen einer Zelle aus Beijerincks Lösung, und zwar a) Aufsicht auf die Zelle, b) Bild der gleichen Zelle bei tieferer Einstellung. Die Felder stellen die durch Plasmabrücken getrennten Chromatophoren dar. Vergr. 1:520.
- Fig. 17. *Dictyococcus varians*. Zelle vom Agar. Vergr. 1:520.
- Fig. 18. *Dictyococcus varians*. Schema der eingebogenen Chloroplasten. Vergr. 1:730.
- Fig. 19—23. *Ophiocytium cochleare*. Involutionsformen. Vergr. 1:360.
- Fig. 24 u. 25. *Ophiocytium breve*. Zellen, die in Beijerincks Lösung gewachsen sind. Vergr. 1:520.
- Fig. 26—28. *Ophiocytium breve*. Zellen, welche in Akineten zerfallen sind; in Tollensscher Lösung gewachsen. Vergr. 1:520.
- Fig. 29—30. *Ophiocytium breve*. Schwach erkrankte, abnorm große Zellen; aus alter Tollensscher Lösung stammend. Vergr. 1:520.
- Fig. 31 u. 32. *Gloeocystis vesiculosa*. Zwei Zellkolonien einer Agarkultur; nur die allen Zellen gemeinsame Gallerthülle ist eingezeichnet. Vergr. 1:310.
- Fig. 33 u. 34. *Gloeocystis ampla*. Gruppen von Zellkolonien, gewachsen auf Agar; auch hier nur die der gesamten Kolonie gemeinsame Gallert-hülle gezeichnet. Vergr. 1:310.
- Fig. 35. *Gloeocystis major*. Einzelzelle aus Beijerincks Lösung. Vergr. 1:787.
- Fig. 36. *Gloeocystis major*. Zellkolonie vom Agar; wiederum nur die gemeinsame Gallerte gezeichnet. Vergr. 1:310.
- Fig. 37—44. *Chlorella acuminata*. Zellen verschiedenen Alters. Vergr. 1:787.
- Fig. 45—51. *Chlorella ellipsoidea*. Zellen verschiedenen Alters; auf Agar gewachsen. Vergr. 1:787.
- Fig. 52. *Aerosphaera faginea*. Auf Agar gewachsene Zelle. Vergr. 1:520.
- Fig. 53. *Aerosphaera faginea*. Auf Agar gewachsene, etwas involute Zelle; a) Bild der Zellunterseite, b) Bild der Zelloberseite. Vergr. 1:520.

Tafel XII.

- Fig. 54—58. *Raphidium fasciculatum*. Involutionsformen in verschieden weit vorgeschrittenen Stadien. Vergr. 1:520.
- Fig. 59—62. *Conferva bombycina genuina*. Verschiedene Involutionsformen. Vergr. 1:360.
- Fig. 63—65. *Conferva bombycina genuina*. Erkrankte Keimlinge. Vergr. 1:360.
- Fig. 66—71. *Stichococcus exiguus*. Auf feuchtem Sand gewachsene Zellen. Vergr. 1:730.

290 Gerneck, Zur Kenntnis der niederen Chlorophyceen.

- Fig. 72—76. *Stichococcus exiguus*. Zellen aus Beijerincks Lösung, die beiden letzten involut. Vergr. 1:730.
- Fig. 77. *Monocilia viridis*. Auf Agar gewachsener verzweigter Faden. Vergr. 1:520.
- Fig. 78—84. *Monocilia viridis*. Zellen des Palmella-Stadiums, in Beijerincks Lösung entstanden. Vergr. 1:520.
- Fig. 85 u. 86. *Stigeoclonium pusillum*. Faden und Teil eines Fadens, gewachsen auf Agar. Fig. 85: Vergr. 1:310; Fig. 86: Vergr. 1:520.
- Fig. 87 u. 88. *Stigeoclonium pusillum*. Fäden, in Beijerincks Lösung gewachsen. Vergr. 1:210.
- Fig. 89 u. 90. *Stigeoclonium pusillum*. Einzelzellen, wie sie für Beijerincks Lösung nach einiger Kulturdauer typisch sind. Vergr. 1:520.
- Fig. 91—93. *Stigeoclonium pusillum*. Involutionsformen, in Beijerincks Lösung entstanden; nach 18-monatlicher Kultur gezeichnet. Vergr. 1:210.
-



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [BH_21_2](#)

Autor(en)/Author(s): Gerneck Rudolf

Artikel/Article: [Zur Kenntnis der niederen Chlorophyceen. 221-290](#)