

Beiträge zur Morphologie und Biologie der Algen.

Von G. Hieronymus.

Mit Tafel XVII und XVIII.

I. *Glaucozystis Nostochinearum* Itzigsohn.

Die von Itzigsohn in Rabenhorst's Flora Europaea Algarum, Sect. III, p. 417 im Nachtrag zu den *Phycochromophyceen* beschriebene *Glaucozystis Nostochinearum* ist im Allgemeinen keine allzu häufige Alge in Torfmoos führenden Sümpfen und an mit Sphagnum bewachsenen, quelligen Stellen, sowohl in der Ebene, wie im Gebirge. Ich fand dieselbe im Riesengebirge bisher an quelligen Stellen zwischen der Tannenbaude und den Forstbuden und zwischen dem Hemmerich und den goldenen Schlüsselsteinen bei Schmiedeberg, ferner in der Quelle bei der Kirche Wang, an quelligen Stellen am Wege von Bronsdorf nach der Annakapelle und am Wege von der Josephinhütte nach dem Zaackenfall. Ueber diese interessante Alge, welche bisher unter den *Phycochromaceen*, und zwar unter den *Chroococcaceen* aufgezählt wurde, hat G. Lagerheim im II. Jahrgang der Berichte der deutschen Botanischen Gesellschaft, 1884, S. 302 bis 304, eine kurze Mittheilung gemacht. Lagerheim sagt daselbst Folgendes: „*Glaucozystis Nostochinearum* Itzigsohn sieht den Arten der *Palmellaceengattung* *Oocystis* Naeg. sehr ähnlich, wird aber von diesen durch den blauen Zellinhalt leicht unterschieden. Die Zellen, die bald einzeln, bald (2—8) zu Zellfamilien vereint vorkommen, sind oval, selten etwas eiförmig, 10—14 μ breit und 18—21 μ lang. Die Membran ist an den Enden nicht verdickt. Bei den jungen Zellen, die von der Membran der Mutterzelle noch umgeben sind, beobachtet man mit Leichtigkeit mehrere Chromatophoren. Diese sind unregelmässig bandförmig oder fadenförmig, zuweilen fast von einem gemeinsamen Punkt (Fig. 1 loc. c. p. 304) ausgehend, oder auch mehr unregelmässig vertheilt. Sie sind etwa 2,5 μ dick und von einer schönen blaugrünen Farbe. Der übrige Theil des Zellinhalts ist farblos. Bei den völlig ausgewachsenen Zellen haben sich die Chromatophoren in eine grosse Menge kleiner Körner getheilt 0,5, bis

2 μ im Diam. (Fig. 2, 3 l. c.) Diese blauen Körner bilden einen bald offenen, bald geschlossenen Sack, der in einiger Entfernung von der Zellwand liegt und farblosen Zellinhalt umschliesst. Es ist mir nicht gelungen, das Vorkommen eines „nucleus distinctus“ in diesem Zellinhalt zu constatiren, der doch, nach der Beschreibung in Rabenhorst's Flora Europaea Algarum, vorhanden sein sollte. Auch in „Die Algen Europas No. 1935“ sagt Rabenhorst von dieser Alge: „Zellen, welche im Innern einen deutlichen helleren centralständigen Zellkern enthalten.“ Durch Anwendung von Essigsäure und Eosin habe ich mich überzeugt, dass der ‚Zellkern‘ nur eine Vacuole ist“.

So weit Lagerheim. Ich will nun zu meinen eigenen Untersuchungen übergehen. Als ich zuerst im Jahre 1889 die merkwürdige Alge im Riesengebirge auffand, erschien es mir von Interesse, nachdem ich bereits zahlreiche andere *Phycochromaceen* untersucht hatte, auch *Glaucocystis* genauer zu studiren, und zwar entnahm ich das Untersuchungsmaterial derselben einer damals der Sonne ziemlich ausgesetzten Stelle in einer jungen Fichtenanpflanzung zwischen der Tannenbaude und den Forstbauden bei Schmiedeberg, einer quelligen Stelle in einem erst kürzlich hergestellten Graben, der nur erst von wenigen Sphagnumpflänzchen bewohnt war. Fast sämtliche der daselbst entnommenen *Glaucocystis*-Familien, welche in nur sehr geringer Anzahl an den Sphagnumpflänzchen klebten, zeigten Zellen, welche sich in dem von Lagerheim unter Fig. 1 a. ang. Orte S. 304 abgebildeten Zustande befanden und von Lagerheim als „junge Zellen“ bezeichnet worden sind. Jede einzelne Zelle der Familien zeigte eine beschränkte Anzahl mehr oder weniger hin und hergewundener oder gekrümmter, länglich wurst- oder fadenförmiger Chromatophoren, welche sämtlich oder doch grösstentheils von einem gemeinsamen, hellen Fleck ausstrahlten, der sich mehr oder weniger im Centrum der Zelle befand. Das Ausstrahlen der Chromatophoren von diesem hellen Fleck fand nur selten in der Weise statt, dass sie sich um denselben herum gleichmässig in alle Raumesrichtungen theilten, wie dies Lagerheim abbildet, sondern meist so, dass ihre an den hellen Fleck grenzenden Endtheile von diesem aus schräg nach der Lichtseite, welche stets eine der Längsseiten der Zelle war, hin gerichtet waren, so dass sie hier zusammen einen trichterförmigen Raum begrenzen, ihr übriger Theil aber dann bogenförmig mehr oder weniger parallel der Wand der Zelle nach Aussen und nach der unteren, dem Licht abgekehrten Zellseite zu verlief. Die ganze von den Chromatophoren gebildete Figur liess sich nicht unpassend als spinnenbeinartig bezeichnen, wobei man den hellen Fleck gewissermassen als Spinnenleib gelten lässt (vergl. Fig. 1 und 2). Diese Spinnenform wird gewöhnlich nur von verhältnissmässig wenigen, dünnen und langen Chromatophoren gebildet. Ich zählte oft nur 12, 14 und 16, bisweilen aber auch bis 20. Sind dagegen mehr Chromatophoren derselben Art oder aber verhältnissmässig dickere vorhanden, so strahlen dieselben mehr gleichmässig nach allen

Richtungen des Raumes vom Centrum aus, doch sind dieselben dann, wenn sie dünn und lang sind, auch stets halbkreisförmig gebogen. Bisweilen umgeben sie auch zwei entgegengesetzte Pole des erwähnten hellen Fleckes (siehe Fig. 3). Was nun die Gestalt der Chromatophoren anbelangt, so habe ich nie eine wirklich bandförmige Form desselben gesehen. Der optische Querschnitt der Chromatophoren war stets kreisförmig, so dass sie wohl als fadenförmig, nicht aber als bandförmig bezeichnet werden konnten. Zugleich ist jedoch das Ende des Fadens, welches dem hellen Fleck zugelegt ist, immer dünner, als das andere, bisweilen erreicht er nur $0,1 \mu$ an Durchmesser. In der Richtung nach Aussen zu nimmt die Dicke aber nach und nach zu, bei vielen Chromatophoren nur mässig, bei anderen aber auch so, dass das freie äussere Ende $1,5$ bis 2μ dick ist und auch wohl bis $2,5 \mu$ an Dicke erreichen kann. Bei vielen Chromatophoren kann man auch erkennen, dass sie ausser der verschiedenen Dicke an den beiden Enden noch eine zweite Abweichung von der einfachen Fadenform zeigen. Deutlicher wird dies noch an fixirtem und gefärbtem Material. Man erkennt dann meist leicht, wenigstens mit den Zeiss'schen neuen apochromatischen Systemen, dass die Chromatophoren aus einzelnen kugeligen oder zusammengedrückt kugeligen, schliesslich am dickeren Ende oft aus linsen- oder geldstückförmigen und wie in einer Geldrolle aneinandergelegten Theilen bestehen, so dass der Faden sich bald mehr der Form einer Perlschnur nähert, also nostoefadenartig ist, bald mehr einer Geldrolle gleicht, also oscillarienartig aussieht (vergl. Fig. 10). An mit Alkohol ausgezogenem und fixirtem und dann mit Carmin-Essigsäure gefärbtem, sowie an mit Chromsäure fixirtem und mit Haematein-Ammoniak gefärbtem Material konnte ich auch oft innerhalb der einzelnen Glieder der Chromatophoren deutlich einen scheinbar nicht gefärbten, mehr oder weniger kugeligen oder der Form der geldstückförmigen Glieder sich anpassenden Körper wahrnehmen, welcher aus einer stark Licht brechenden Substanz besteht und darum vielleicht weniger gefärbt erscheint. Die Glieder mit den Innenkörpern halte ich für die Arthur Meyer'schen „Grana“. Leider habe ich zur Zeit, als mir lebendes Material zur Verfügung stand, nicht auf die Vertheilung des grünblauen oder fast blauen Farbstoffes geachtet und ob die Grana auch an der lebenden Pflanze sichtbar sind. Schliesslich sei hier noch erwähnt, dass es mir oft schien, als wenn jeder Chromatophorenfaden von einer besonderen, das Licht ziemlich stark brechenden, zarten Hülle umgeben sei, die anscheinend Farbstoffe schwer aufnimmt oder doch ebenso leicht wie das Zellplasma durch geeignete Mittel völlig zu entfärben ist. Die Structur der Chromatophoren ist mithin sehr eigenthümlich. Man kann dieselben vielleicht als nur eine Fibrille enthaltende¹⁾ bezeichnen.

1) Vergl. über die Structur der Chromatophoren bei Frank Schwarz: Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas in Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen. Bd. V, S. 38—74.

Was nun den hellen Fleck anbelangt, nach welchem die Chromatophoren ihren einen Endpunkt richten, so scheint in der That, wie Lagerheim gefunden hat, stets eine Vaeuole vorhanden zu sein, um dieselbe herum jedoch zugleich stets eine dichtere Ansammlung von hyalinem Protoplasma. Den Zellkern, welchen ich in Folge der Angaben Rabenhorst's, wie auch Lagerheim, bei den erwähnten Zuständen im Centrum, also im sogenannten hellen Fleck, suchte, fand auch ich hier nicht, dagegen konnte ich stets unterhalb desselben, meist in mehr oder weniger schräger Richtung, also excentrisch in der einen oder der andern Hälfte der Zelle denselben nachweisen, nachdem ich einige *Glaucozystis*-Familien mit Alkohol oder wässriger Chrom- oder Pikrinsäurelösung fixirt und mit Haematein-Ammoniak oder mit Carmin-Essigsäure gefärbt hatte. In den lebenden Zellen ist der Zellkern kaum sichtbar, oft völlig unsichtbar, an nur fixirtem Material aber schon zu erkennen. Derselbe tritt jedoch nach Färbung, wenn dieselbe gut gelungen ist und etwaige Ueberfärbung entfernt ist, ganz ausserordentlich deutlich als abgegrenzter flach scheibenförmiger, bisweilen etwas wellig gebogener Körper hervor und zeigt eine von den sogenannten Zellkernen der meisten übrigen unter die *Phycchromaceen* gestellten Gattungen ganz abweichende, hohe Organisation. Dieser Zellkern findet sich bei den geschilderten Zuständen von *Glaucozystis* stets in ruhendem Zustande, also nicht in Theilung. Der grösste Durchmesser oder der Scheibendurchmesser beträgt nach an fixirtem und gefärbtem Material angestellten Messungen etwa 4 bis 4,5 μ , der Höhendurchmesser in der Mitte der Scheibe oder die Scheibendicke etwa nur 1 μ . Im Centrum des Zellkerns, bisweilen auch etwas ausserhalb desselben, befindet sich stets ein grösseres, den Farbstoff stark speicherndes, bisweilen rundliches, oft aber auch deutlich polyedrisches Körnchen, das etwa bis 0,75 μ Durchmesser erreichen mag. Ich halte dieses Körnchen für einen Nucleolus. Doch ist die Möglichkeit, dass es ein grösseres Chromatinkörnchen ist, nicht ausgeschlossen. Die übrige Masse des Zellkerns ist dicht von zahlreichen, nicht immer in der Grösse einander gleichen Chromatinkörnern erfüllt, die in der Nähe des Centrums am Nucleolus oft in grösserer Zahl gehäuft sind, so dass dieser bisweilen schwer oder doch nicht deutlich sichtbar ist (vergl. Fig. 8 und 9). Die Chromatinkörner liegen scheinbar in einer den Farbstoff zwar auch aufnehmenden, aber durch entsprechende Entfärbungsmittel leicht wieder farblos werdenden homogenen Masse. Das dieselbe vermuthlich durchziehende achromatische Fadengerüst ist auch bei Anwendung der stärksten und besten Vergrösserungssysteme nicht deutlich sichtbar, doch ist die Fadenstructur deutlich an der Lage der Chromatinkörner in Reihen zu erkennen. Dasselbe ist ja auch bei vielen Zellkernen von anderen Algen und sonstigen niederen Organismen der Fall, und bei der Kleinheit des Objects erklärlich.

Der geschilderte Zustand, bei welchem die Chromatophoren vom Centrum gleichmässig ausstrahlen oder eine spinnenbeinartige Anordnung

zeigen, wird von Lagerheim als Jugendzustand betrachtet. Meines Erachtens sind jedoch die in diesem Zustande befindlichen Zellen schon völlig angewachsen. Dieselben haben auch meist die von Lagerheim für die erwachsenen Zellen angegebene Grösse, ja sind sogar bisweilen etwas grösser. Ich fand solche bis 15 μ breit und dick und bis 27 μ lang. Allerdings kommen noch etwas grössere, etwa 16 μ breite und dicke und bis 30 μ lange Zellen vor. In diesen fand ich jedoch stets mehrere Zellkerne und viele kleine Chromatophoren, so dass man solche Zellen schon als im Theilungs- und Vermehrungszustand begriffene betrachten muss.

Derartige grössere Zellen sind meist isolirt und aus der Mutterzellohülle befreit. Erst im Juli des Jahres 1891 gelang es mir, dieselben aufzufinden, und zwar entnahm ich das betreffende Material einer Quelle, welche sich in lichtigem Gebüsch zwischen den goldenen Schlüsselsteinen und dem Hemmerich bei Schmiedeberg befindet. Hier waren sowohl Familien wie einzelne Zellen von *Glaucocystis* zahlreicher vorhanden, als an den übrigen obengenannten Fundorten. Mit Hilfe dieses Materials gelang es mir nun, die Entwicklungsgeschichte fast vollständig festzustellen. Familien, welche radien- oder spinnenbeinartig ausstrahlende Chromatophoren besaßen, waren hier in den ziemlich dichten, den Rand der Quelle auskleidenden Torfmoospolstern nur spärlich vertreten. Dagegen lagerten in den Zellen vieler Familien meist zahlreiche und nicht sehr lange gleichmässig dicke, unregelmässig hin und hergewundene Chromatophoren, parallel der Zellmembran, mehr oder weniger dieser angeschmiegt. Von dem eine Vacuole enthaltenden, hellen Fleck, der ja bei dem anderen Zustande nur durch die ihn umgrenzenden Chromatophorenden deutlich gekennzeichnet war, war nichts mehr zu sehen. Doch war hier der Zellkern meist in das Centrum eingerückt (vergl. Fig. 4, 5 und 6). Bei einigen wenigen derartigen Zellen konnte ich bisquitförmige Theilungszustände des Zellkerns beobachten und auch einmal regelmässige Kerntheilungsfiguren in denselben bemerken. Leider genigte das Material nicht, um die nacheinander folgenden Phasen der Kerntheilung festzustellen. Dagegen war es mir möglich, mehrfach Zellen zu beobachten, in welchen die Kerntheilung bereits vollendet war und sich zwei meist noch dicht nebeneinander im Centrum der Zelle liegende Kerne befanden. An anderen Zellen waren diese beiden oder doch einer der Tochterkerne abermals in Theilung begriffen. Noch andere Zellen zeigten 4 bereits entwickelte Kerne (vergl. Fig. 7). Da es auch achtzellige Colonien giebt (Fig. 5), so werden sich vermuthlich die entstandenen 4 Zellkerne bisweilen nochmals theilen können, und also auch ältere Zellen vorkommen, welche 8 Kerne führen, doch konnte ich leider keine solchen beobachten. Während die Theilungen der Zellkerne vor sich gehen, finden auch Theilungen der Chromatophoren statt. Diese fadenförmigen Gebilde zerfallen oft durch Quertheilung in 2 oder mehrere längliche Stücke, die sich dann weiter theilen, meist aber fast gleichzeitig in viele kleine kugelige Stücke, welche den oben beschrie-

benen Gliedern der fadenförmigen Chromatophoren entsprechen. Die Anzahl dieser Gebilde wird also ausserordentlich vermehrt. Dies ist der Fall zur Zeit, wenn auch die 2 bis 8 definitiven Zellkerne in der Zelle gebildet werden. Nach der Vollendung der Theilungen beider erfolgt nun erst die Theilung der betreffenden Zelle selbst. Leider reicht mein Material nicht aus, um festzustellen, ob nun in dem Falle, dass 4 oder 8 Tochterzellen entstehen, die Zellen durch successive Zweitheilung gebildet werden, oder ob der Zellinhalt sich gleichzeitig in 4 oder 8 Theile sondert. Ich möchte jedoch letzteres für wahrscheinlicher halten. Da sich auch Familien mit 3 und 5 Zellen finden, so muss es wohl auch vorkommen, dass nur einer der 2 entstandenen Tochterkerne sich in Enkelkerne, resp. nur einer der 4 entstandenen Enkelkerne sich in Urenkelkerne theilt. Auch sechszellige *Glaucocystis*-Familien fand ich, dagegen konnte ich nicht siebenzellige beobachten, doch sind solche vermuthlich auch vorhanden. Nicht aber dürfte die Zahl 8 überschritten werden. Am häufigsten sind vierzellige Colonien, bei Weitem seltener zwei- und achtzellige, nur ausnahmsweise kommen solche mit den anderen Zahlen vor.

Die Chromatophoren, von denen jede entstandene Theilzelle eine Anzahl mitbekommt, sind in den ganz jungen Zellen, welche noch keine oder nur eine sehr schwache Membran besitzen, noch ziemlich kugelig (vergl. Fig. 6). Später wachsen dieselben in die Länge, gliedern und ordnen sich, falls nicht eine annähernd die Zahl 20 überschreitende Anzahl vorhanden ist, zu der oben beschriebenen strahlen- oder spinnenbeinartig geordneten Form an. Es scheint aber nicht nöthig zu sein, dass eine jede Zelle diesen Zustand durchmacht. Ich vermute vielmehr, wie ich oben schon andeutete, dass diese eigenthümliche Anordnung in Folge der Einwirkung von verhältnissmässig starker Belichtung eintritt, und der Zweck derselben ist, die verhältnissmässig geringe Anzahl der Chromatophoren möglichst als Schirm des Zellkerns vor zu starker Belichtung auszunützen. Sind verhältnissmässig viel Chromatophoren vorhanden, so genügen dieselben als Schutzmittel auch in der peripherischen Lage. Auch die eigenthümliche excentrische Lage des Zellkerns bei der strahlen- oder spinnenbeinartigen Anordnung mag durch die Belichtungsverhältnisse bedingt sein, und der Zellkern an der von ihm eingenommenen Stelle am meisten Schatten finden¹⁾.

1) Es scheint mir im Allgemeinen noch nicht genügend festgestellt, dass die Stellungen, welche die Chromatophoren einnehmen, je nachdem sie mehr oder weniger starker Belichtung ausgesetzt werden, nicht nur von dem jeweiligen Lichtbedürfniss der Chromatophoren selbst, sondern auch von dem des Zellkerns abhängen. Doch sprechen viele Thatsachen dafür, dass dem so ist und die Chromatophoren oft als Schirm für den Zellkern dienen. So z. B. die Thatsache, welche Stahl (vergl. Botan. Zeitung, 33. Jahrg. 1880, S. 323) an *Vanucheria* beobachtete, dass in den stark und längere Zeit besonnten Schläuchen die Chromatophoren sich in einzelnen Gruppen sammeln, die sich zu dicken der Wand anliegenden

Ausser den Chromatophoren und dem Zellkern enthält das meist nur von wenigen Zellsaft führenden Vacuolen unterbrochene Protoplasma relativ

Haufen zusammenballen. Es ist mir nicht zweifelhaft, dass im Centrum eines jeden solchen Chromatophorenhauens ein Zellkern verborgen ist. Ich schliesse dies aus einer analogen Beobachtung, die ich an *Chlamydomyxa labyrinthoides* Archer machte. Als ich nämlich Sphagnumblättchen, in deren durchlöchernten Zellen sich zahlreiche Sommercysten dieses Raumparasiten befanden, einige Stunden dem directen Sonnenlichte aussetzte, zogen sich in den letzteren, welche nicht allzuviel Chromatophoren führten, diese in so viel sternförmige Gruppen zusammen, als Zellkerne vorhanden waren. Diese letzteren aber befanden sich einzeln innerhalb der Gruppen. Die Chromatophoren zeigten dabei fast alle Profilstellung. Ganz etwas Aehnliches erfolgt bei *Eremosphaera viridis* de Bary, wenn man diese Alge dem directen Sonnenlicht aussetzt. Auch hier gruppieren sich die Chromatophoren um den in der Mitte der Zelle liegenden einzelnen Zellkern in Profilstellung. Die bekannte, bei Farnprothallien, *Panaria hygrometrica*, Arten von *Minium* etc. leicht zu beobachtende Wanderung der Chlorophyllkörper kann meines Erachtens auch nur völlig erklärt werden, wenn man das Lichtbedürfniss des Zellkerns mit in Betracht zieht. So ist die Dunkelstellung, bei welcher die Chlorophoren auf die zur Fläche der Objecte senkrechten Zellwänden wandern, nur dadurch ganz verständlich, dass man annimmt, dass hier das Lichtbedürfniss des Zellkerns in erster Linie berücksichtigt wird. Die Chlorophoren treten zur Seite, um dem Zellkern die Möglichkeit zu gewähren, von dem herrschenden Minimum von Licht so viel wie möglich zu profitieren, und müssen dem Zellkern nachstehen. So äussert sich der Kampf ums Dasein selbst in der Zelle. Das Lichtbedürfniss des Zellkerns ist zweifellos geringer; ist das Licht jedoch auf ein bestimmtes Minimum reducirt, so müssen die Chromatophoren dem Zellkern nachstehen und möglichst zur Seite treten.

Ausser den Chromatophoren giebt es in den Zellen der Algen oft noch besondere Körper, welche dem Zellkern und bisweilen auch noch den Chromatophoren als Schirm gegen das grelle directe Sonnenlicht dienen. Es sind das farbige Oelkörper. So kommen bei Algen roth- (seltener olivengrün bis fast schwarz) getärbte Oelkörper vor. Solche Körper besitzen stets ein protoplasmatisches Gerüst, welches besonders nach der Fixirung und Entölung vermittlest Alkohol manche Farbstoffe sehr stark speichert und auch gegen Entfärbungsmittel bisweilen intensiver zurückhält, als selbst die in den Zellkernen befindlichen Chromatinkörner. Dieselben kommen bekanntlich häufig vor bei *Peridincen*, bei dem vermuthlich in die nächste Verwandtschaft derselben gehörenden *Urococcus insignis* Hass. und bei der oben bereits genannten, vermuthlich auch den *Peridineen* nahe zu stellenden, amöbenbildenden *Chlamydomyxa labyrinthoides* Archer. Bei allen den genannten Organismen fand ich diese rothen Oelkörper fast stets in der Nähe der Zellkerne gelagert. Es veranlasste mich diese Thatsache Insulationsversuche mit diesen Organismen anzustellen. Ich hatte bei allen dreien, nachdem dieselben mehrere Tage bis mehrere Wochen an einem nach Südwesten liegenden Fenster, dem directen Licht möglichst ausgesetzt, gezüchtet worden waren, annähernd die gleichen Resultate. Besonders jedoch eigneten sich zu dem Versuche *Peridincen*-Ruhezellen, welche ich in einem kleinen Teiche bei Klein-Masselwitz bei Breslau zahlreich, einen braunen Ueberzug bildend, an im Wasser schwimmenden Typhablättern festsitzend fand, und die anscheinend zum grössten Theil von *Peridinium tabulatum* und zum kleineren Theil von *Glenodinium cinctum* oder einer verwandten Art stammten. Diese *Peridineen*-Ruhezellen eigneten sich deshalb besonders, weil sie ziemlich fest auf den Typhablättern in einschichtiger Lage eine dicht neben der andern sassen, sich leicht mit dem

grosse, das Licht stark brechende Mikrosomen oder Körnchen, welche besonders an fixirtem Material sehr deutlich sichtbar sind. Diese Mikrosomen zeigen stets deutliche Anordnung in hin- und hergewundenen und unter-

Messer von der Epidermis in Masse loslösen, und ohne dass die Zellen aus ihrer zu einander eingenommenen Lage gebracht wurden, unter das Mikroskop legen liessen. Die von mir an diesen beobachteten Erscheinungen bestehen nun darin: 1) dass viele Chromatophoren sich zusammenballten, die rothe Farbe annahmen und dadurch solche rothe Oelkörper in grösserer Zahl gebildet wurden; 2) dass diese vor den in der Mitte der Zelle befindlichen Zellkern sich derart lagerten, dass er möglichst vor dem directen Sonnenlicht geschützt war; 3) dass die erhalten gebliebenen Chromatophoren sich sämmtlich an der Wand der dem einfallenden Licht entgegengesetzten unteren Hälfte der Zelle möglichst dicht zusammenordneten. Wurde die Insolation wochenlang fortgesetzt, so wurden sogar sämmtliche Chromatophoren in derartige rothe Oelkörper umgewandelt, welche bisweilen zu einem oder zwei grossen, den Zellkern schirmenden Massen sich zusammenballten. Der Kampf ums Dasein zwischen den Chromatophoren und dem Zellkern wird also hier bis an die äusserste Grenze, bis zu dem völligen Unterliegen der Chromatophoren, fortgesetzt. Ob derartige *Peridineen*-Ruhezellen, welche sämmtliche Chromatophoren auf diese Weise verloren haben, noch weiterhin lebensfähig sind, d. h. ob aus ihnen sich *Peridineen*-schwärmer bilden können, ist mir zweifelhaft. Doch ist es wohl nicht unmöglich, dass die bei manchen *Peridineen* vorkommenden chromatophorenlosen Varietäten, wie ich sie auch an der genannten Localität beobachtete, aus solchen Zellen entstanden sind. Die rothen Oelkörper müssen als getödtete Chromatophorenhäufen betrachtet werden und werden gelegentlich auch von den Zellen als unnutzter Ballast ausgeschieden bei dem Act der Verjüngung oder bei Zelltheilung und zwischen die neugebildete Membran und die alte Zellhülle abgelagert. Bei *Chlamydomyxa labyrinthuloides* Arch. hat dies bereits P. Geddes beobachtet (vergl. P. Geddes, Observations of the Resting State of *Chlamydomyxa labyrinthuloides* Archer in Quarterly Journal of Microscopical Science vol. XXII. new. Series, London 1882. p. 30 u. f. Pl. V. Fig. 14, 23, 24).

Auch noch bei anderen Pflanzen als Algen finden sich Oelkörper, welche dem Zellkern als Schirm gegen ungünstige zu starke Belichtung dienen. So kommen bei dem Lebermoose *Calypogeia Trichomanis* (Dill.) Corda schön blau gefärbte Oelkörper in allen dem Licht mehr ausgesetzten Zellen vor. Dieselben entstehen aber hier nicht aus den Chromatophoren, sondern wie überhaupt die Oelkörper der Lebermoose in der protoplasmatischen Hülle des Zellkernes der jugendlichen Zellen und umhüllen denselben anfangs vollständig. Später theilt sich die Oeltropfen führende Hülle in meist 3 bis 5 Theile, die zahlreichen kleinen in diesen Theilen eingebetteten Oeltröpfchen vereinigen sich zu wenigen grösseren (bisweilen zu nur zwei), welche von einem protoplasmatischen Gerüst umgeben, je einen solchen Theilkörper bilden. Diese Theilkörper bleiben aber auch in den älteren Zellen stets in der Nähe des Zellkernes als Schutz gegen zu grelle Beleuchtung. Diese blauen Oelkörper haben bei *Calypogeia Trichomanis* mithin einen doppelten Zweck. Dieselben dienen auch noch, wie E. Stahl für alle Lebermoose in seiner inhaltsreichen Abhandlung (Pflanzen und Schnecken. Jena 1888) nachgewiesen hat, als Schutzmittel besonders gegen Schneckenfrass.

Eine eingehendere Mittheilung über die hier in der Anmerkung erwähnten That-sachen, welche sich auf den Schutz des Zellkerns durch Chromatophoren und Oelkörper, sowie auf den Kampf ums Dasein zwischen Zellkern und Chromatophoren beziehen, werde ich gelegentlich machen.

einander mässig verschlungenen Fibrillen, welche sowohl zwischen den Chromatophoren und dann diesen meist parallel im protoplasmatischen Wandbeleg lagern, wie auch im Innern der Zellen zwischen diesen und dem Zellkorn zahlreich vorhanden sind und dichte Fadengerüste bilden. Aehnliche Fadenwerke hat auch Berthold¹⁾ in der farblosen Grundmasse von *Bryopsis* und F. Schwarz²⁾ bei *Spirogyra* sp. und *Minium undulatum* beobachtet. Andere irgendwie geformte Theile sind in der Zelle nicht vorhanden.

Die Membran der erwachsenen *Glaucocystis*zelle zeigt keine deutliche Cellulosereaction, weder nach Behandlung mit Chlorzinkjod oder Jod und Schwefelsäure, noch bei Congorothfärbung, obgleich sie von letzterem Farbstoffe etwas aufnimmt. Von dem ersten Reagens wird sie leicht gebräunt. Dieselbe ist $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ μ dick und verschleimt nicht, sondern platzt, um die herangewachsenen Tochterzellen zu entlassen. Eine deutliche Schichtung derselben ist nicht zu erkennen, doch scheint sich eine äussere Schicht etwas stärker mit Methylgrün und anderen Farbstoffen zu färben.

Was nun die Stellung im Algensystem betrifft, welche *Glaucocystis Nostochinearum* Itzigson einzunehmen hat, so wird sie wohl mit einigen anderen Gattungen aus der Klasse der *Phycochromophyceen* (*Phycochromaceen* oder *Cyanophyceen*) ausgeschlossen werden müssen. Eine nahe verwandte Gattung scheint mir *Chrootheca* mit den beiden Arten *Chrootheca rupestris* Hansgirg und *Richteriana* Hansgirg³⁾ zu sein, bei welcher letzterer Schmitz nach brieflicher Mittheilung an Hansgirg ausser den von diesem bereits gesehenen Chromatophoren auch Zellkerne wahrnahm. An dem von Hansgirg in Hauek et Richter, Phykotheka universalis unter No. 144 ausgegebenen Exemplaren konnte auch ich sowohl die rundlichen oder scheibenförmigen Chromatophoren, wie auch den Zellkern nachweisen. Beide heben sich, allerdings nicht besonders deutlich, aus dem hyalinen Protoplasma, das im Uebrigen die Zellen erfüllt, ab, sind sehr klein und bei Weitem weniger gut unterscheidbar, auch nach Fixirung und Färbung, als die entsprechenden Theile von *Glaucocystis Nostochinearum* Itzigs., doch dürften beide vielleicht an lebendem oder doch lebend fixirtem Material besser sichtbar sein. Hansgirg³⁾ fand auch bei seinem *Chroodactylon Wolleanum* Chromatophoren und Zellkern. Leider konnte ich jedoch diese Alge aus Mangel an Material noch nicht nachuntersuchen. Dieser Alge soll *Hormospora ramosa* Thwait. (*Chroodactylon ramosum* Hansgirg) nahe verwandt sein, in deren Zellen zuerst Harvey steruförmige Chromatophoren und deutliche Pyrenoiden erkannt hat. Ohne Zweifel ge-

1) Berthold: Studien über Protoplasma-mechanik, 1886, S. 60.

2) F. Schwarz: Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas in Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen, Bd. V. 1887, S. 133. Fig. 152—154.

3) Hansgirg: Ein Beitrag zur Kenntniss von der Verbreitung der Chromatophoren und Zellkerne bei den Schizophyceen (Phycochromaceen) in den Berichten d. Deutsch. Botan. Gesellschaft. III. Bd., 1895, S. 14—22.

hört in die Verwandtschaft von *Glaucocystis* und *Chroothoece* das von Frau A. Weber-van Bosse¹⁾ auf Faulthierhaaren entdeckte *Cyanoderma Bradypodis* A. Weber v. Bosse, dessen Zellen, wie ich mich überzeugen konnte, je mehrere rundliche oder scheibenförmige blauviolette Chromatophoren und je einen Zellkern besitzen. Nahe verwandt mit diesem ist das vielleicht aus Ostindien stammende *Phragmonema sordidum* Zopf, welches Zopf im Berliner Botanischen Garten auf den Blättern von *Ficus barbata* Wall. entdeckte und von welchem ich Material Herrn P. Hennings in Berlin verdanke. Bereits Zopf²⁾ hatte bei dieser Alge das Vorkommen von deutlichen Chromatophoren angegeben, und zwar ist nach ihm nur ein Chromatophor in jeder Zelle vorhanden, welches die Form eines anastomosirenden Bandes haben soll. Ich fand jedoch scheiben- oder linsenförmige, rundliche oder bisweilen etwas längliche Chromatophoren, und zwar mehrere in jeder Zelle, welche an dem trockenen Material eine intensiv violett-blaue Farbe zeigten und sich deutlich als gesonderte Körper erkennen liessen. Auch den von Schmitz³⁾ bei dieser Alge gesehenen Zellkern habe ich nach Fixirung und Färbung des Materials mit Carmin-Essigsäure und Haematein-Ammoniak nachweisen können. Derselbe ist aber allerdings sehr klein und schwer zu erkennen.

Ob noch andere bisher unter die *Phycochromaceen* gestellte Algen in die Verwandtschaft der Gattungen *Glaucocystis*, *Chroothoece*, *Chroodactylon*, *Cyanoderma* und *Phragmonema* gehören, kann ich zur Zeit nicht beurtheilen. Das von Tangl⁴⁾ beschriebene *Plaxonema oscillans* Tangl, welches nach diesem Autor ein scheibenförmiges blaues Chromatophor besitzt, ist zweifelhaft, doch ist es wahrscheinlicher, dass dasselbe in die Verwandtschaft der *Oscillariaceen* gehört. Hansgirg⁵⁾ hält es sogar für identisch mit *Oscillaria leptotricha* Kütz. Leider konnte mir Herr Professor Tangl bis jetzt kein Material zur Untersuchung liefern. Zweifelhaft, ob hierher gehörig, scheint mir auch *Glaucanema*. bei dem Reinhardt⁶⁾ einen Kern mit Nucleolus gefunden haben will, ferner *Allogonium halophilum* Hansgirg, bei dem Hansgirg⁵⁾ Chromatophoren beobachtet hat, und schliesslich die Gattung *Glocochaete* Lagerheim mit der Art *G. Wittrockiana* Lagerh. (syn. *Schrammia barbata* Dang.), bei welcher Alge so-

1) A. Weber-van Bosse: Etude sur les Algues parasites des Paresseux. Naturkundige Verhandlungen van de Hollandische Maatschappij der Wetenschappen. 3. Verz., Deel V, 1 stuk. Haarlem 1887.

2) Zopf: Zur Morphologie der Spaltpflanzen, Leipzig, 1882, S. 49, Tafel VII, Fig. 20.

3) Schmitz: Die Chromatophoren der Algen. Bonn 1882. S. 9 u. 173–174 Anmerkungen.

4) Tangl: Zur Morphologie der Cyanophyceen in Bd. XLVIII d. Denkschriften d. Math.-Naturw. Cl. d. k. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien. 1883.

5) Hansgirg l. c.

6) Reinhardt: Algologische Untersuchungen. Odessa 1885. Nach dem Referat von Chmielewski bei E. Zacharias, Ueber die Zellen der Cyanophyceen, in Botan. Zeitung, 48. Jahrgang, 1890. S. 5.

wohl blaugrüne Chromatophoren, wie auch ein Zellkern angegeben sind¹⁾, und bedürfen alle diese Algen neuer Untersuchung, um festzustellen, ob bei denselben ein normal geformter Zellkern vorhanden ist oder nicht, ob sie also zu der aus obigen 5 Gattungen gebildeten Gruppe gehören oder vielmehr zu den übrigen, bisher unter die *Phycchromaceen* gestellten Gattungen, die ich als eigentlichen *Phycchromaceen* bezeichnen will. Schmitz ist mit Bornet der Ansicht, dass *Phragmonema* nicht zu den *Phycchromaceen* gehört, sondern in die Verwandtschaft der *Bangiaceen* (*Bangia*, *Goniotrichum* u. s. w.) zu den *Chlorophyceen*. Dass *Bangia* grosse Aehnlichkeit mit *Phragmonema* hat, ist nicht zu bezweifeln, und in der That dürfte Schmitz oder vielmehr Bornet, der ihn darauf aufmerksam machte, wohl in dieser Beziehung das Richtige getroffen haben, weniger glücklich scheint mir Schmitz's eigener Vergleich mit den *Schizogoneen*. Bornet und Flahault²⁾ bezweifeln die Zugehörigkeit von *Phragmonema*, wie auch die von *Chroodactylon* zu den *Phycchromaceen*: ebenso auch Borzi³⁾ die von *Phragmonema*, *Chroodactylon* und *Glaucocystis*. Diese und die andern hier genannten Gattungen sind zu den *Bangiaceen* zu stellen, oder aber in einer besonderen Gruppe oder Familie, der der *Glaucocystideen* zu vereinigen. Weitere Untersuchungen müssen erst ergeben, was richtiger ist.

II. Die Organisation der Phycchromaceenzellen.

Wesentlich anders, als bei den oben angeführten Gattungen, ist die Organisation des Zellinhaltes der eigentlichen *Phycchromaceen*. Zwar sind auch hier, — ich verweise in Bezug auf die frühere Literatur auf die Einleitung der Abhandlung von E. Zacharias: Ueber die Zellen der *Cyanophyceen* in der Botanischen Zeitung (48. Jahrg. 1890, No. 1—5) und setze die Kenntniss dieser Abhandlung beim Leser voraus, — von verschiedenen Autoren sowohl Chromatophoren wie Zellkerne angegeben worden; aber die Ansichten sind trotz der umfangreichen citirten Mittheilung von Zacharias, oder vielleicht in Folge derselben noch nicht geklärt, im Besonderen ist es noch immer zweifelhaft, ob die von Zacharias angegebenen „Centralkörper“ als Zellkerne zu betrachten sind oder nicht, und ob der blaugrüne Farbstoff an geformte Chromatophoren gebunden ist oder nicht. Zacharias selbst ist sich über ersteren Punkt völlig unklar, wie aus dem Schluss seiner Abhandlung (a. a. O. S. 67) hervorgeht, wo derselbe sagt: „Jedenfalls unterscheidet sich der Centraltheil der *Cyanophyceenzelle* in seinem ganzen Verhalten erheblich von den genauer untersuchten Zellkernen anderer Organismen. In wie weit ersterem etwa Zell-

1) G. Lagerheim, in La nuova Notarisa, Padova 1890. p. 227.

2) Bornet et Flahault: Revision des Nostoeacées heterocystées, Ann. des Sciences nat. Bot. 1886, 7. Sér. T. III, p. 326.

3) Borzi: Le comunicazioni intracellulari delle Nostochinee. Malpighia 1886. p. 99, 100.

kernfunctionen zukommen, ist bei unserer geringen Kenntniss dieser Functionen nicht zu sagen.“ Aber auch in Bezug auf das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein geformter Chromatophoren giebt Zacharias keine bestimmte Antwort. Er sagt darüber, seine Resultate zusammenfassend, im Schluss (S. 65) Folgendes: „Der Inhalt der untersuchten *Cyanophyceen*-zellen besteht nicht aus einem seiner ganzen Masse nach gefärbten Protoplasma, sondern aus einem centralen, ungefärbten Theil von gerüstartiger Structur und einem peripheren Theil von anscheinend homogener Beschaffenheit. „Körner“ treten ausschliesslich in letzterem auf. In seinem Verhalten gegen die angewendeten Reagentien unterschied sich das periphere Plasma, wenn man von seinem Gehalt an Farbstoffen absieht, nicht von dem Zellprotoplasma höherer Pflanzen etc.“

Seit der Mittheilung von E. Zacharias sind nun zwei neuere bezügliche Abhandlungen erschienen, welche beide auf Untersuchungen beruhen, welche fast zur selben Zeit oder doch unabhängig und unbeeinflusst von den Resultaten von Zacharias angestellt wurden. Zuerst ist eine Abhandlung von O. Bütschli zu nennen, welche den Titel führt: „Ueber den Bau der *Bacterien* und verwandter Organismen“¹⁾. Bütschli findet, dass die Zellen von *Aphanizomenon*, *Cladothrix*, *Beggiatoa*, der sogenannten *Monas Okenii* Ehrenb. und der *Ophidomonas jenensis* Ehrenb., welche beide letzteren zur Gattung *Chromatium* nach Perty gehören, und anderer *Schizophyten* aus einer Rindenschicht, welche bei manchen gefärbt ist, und einem farblosen Centralkörper aufgebaut seien. Er stimmt insofern mit Zacharias überein; doch enthält der „Centralkörper“ nach Bütschli, wie die Rindenschicht, „Körner“, welche sich mit Delafeld'schem Haematoxylin roth oder rothviolett färbten, und ist nicht körnerfrei, wie Zacharias angiebt. Bütschli glaubte auch zu finden, dass beide Theile des protoplasmatischen Zellinhalts einen Wabenbau besitzen, und dass sowohl der Farbstoff, wie auch die Körner im Wabengerüst sitzen, und zwar letztere in den Knotenpunkten desselben. Die Centralkörper deutet er als Zellkerne, die sich roth oder rothviolett färbenden Körner derselben identificirt er mit den Chromatinkörnern normaler Zellkerne (S. 36). Derselbe fand jedoch auch ähnliche Körner im „Körperplasma“ zerstreut bei *Diatomeen*, *Flagellaten*, bei einer Fadenalge und einem Pilzmycel (S. 31).

Etwas später ist eine Abhandlung von V. Deinega, welche den Titel führt: „Der gegenwärtige Zustand unserer Kenntnisse über den Zellinhalt der *Phycochromaceen*“²⁾, erschienen. Der Verfasser, welcher die citirten Abhandlungen von Zacharias und Bütschli erst erhielt, als seine Arbeit

¹⁾ Vortrag, gehalten am 6. Dec. 1889 im naturhist.-med. Ver. zu Heidelberg. Leipzig, Winter'sche Verlagshandlung. 1890.

²⁾ Moskau. Gedruckt in der Universitäts-Buchdruckerei 1891, mit einer Tafel. Separatabdruck aus dem Bulletin de la Société Imper. des Naturalistes de Moscou No. 2. 1891.

bereits schon zum Druck vorbereitet wurde, ist der Ansicht, dass diese Nichts in den Resultaten seiner Untersuchungen ändern könnten. Diese Resultate aber fasst er (S. 23) zu folgenden Schlüssen zusammen:

„1. Die Frage über den Kern bei den *Phycchromaceen* kann augenblicklich, wenigstens bei den fadenartigen Formen, weder bejahend, noch verneinend entschieden werden. Man muss neue färbende Mittel finden, oder veränderte alte anwenden, und noch besser chemische Reactionen suchen, welche diese Frage aufzuklären vermögen. 2. Ist das Chromatophor bei den fadenartigen *Phycchromaceen*, die ich zu beobachten Gelegenheit hatte (*Oscillaria princeps*, *O. Froelichii*, *Nostoc spec.* und *Aphanizomenon flos aquae*) vorhanden und hat die Form eines mehr oder weniger durchlöcherten Plättchens, welches augenscheinlich die innere Oberfläche der Zelle belegt. 3. Bleibt die Frage über die Natur der Körner, welche im Innern der *Oscillaria* vorkommen und sich meistens an den Querwänden anordnen, offen. Man kann von diesen Körnern mit Bestimmtheit sagen, dass sie kein Paramylon seien. Dass es irgend ein Isomer der Stärke sei, ist, meiner Meinung nach, zweifellos.“

So viel über die Resultate, welche Zacharias, Bütschli und Deinema aus ihren Untersuchungen zogen. Ich will nun zu meinen eigenen Untersuchungen übergehen. Dabei werde ich freilich gezwungen sein, auf die Forschungen der genannten Voruntersucher, wie auch noch auf die ältere Literatur bisweilen zurückzukommen. Ich bin allen Wegen nachgegangen, welche eingeschlagen worden sind, um den Inhalt der *Schizophytenzelle* zu erforschen; doch würde es mich zu weit führen, wenn ich bei der Kritik auf alle Einzelheiten eingehen wollte, und will ich mich möglichst darauf beschränken, die hauptsächlichsten Differenzpunkte in meinen Resultaten und denen der Vorgänger klarzulegen. Meine Untersuchungen beziehen sich auf Vertreter der folgenden Gattungen: *Chroococcus*, *Gloeocapsa*, *Aphanocapsa*, *Clathrocystis*, *Aphanothece* (*Coccochloris*), *Hypheothrix*, *Oscillaria*, *Phormidium*, *Hydrocoleum*, *Symploca*, *Nostoc*, *Anabaena*, *Sphaerozyga*, *Aphanizomenon*, *Ricularia*, *Scytonema*, *Tolypothrix*, *Hapalosiphon*, *Stigonema*. Von den meisten der genannten Gattungen wurden mehr als eine Art untersucht, von allen frisches oder doch frisch fixirtes Material, und nur zum Vergleich bisweilen Herbarmaterial. Meine Untersuchungen beziehen sich also noch nicht auf alle Gattungen, und es ist wohl möglich, dass unter den nicht genannten sich noch solche finden lassen, die sich anders verhalten und aus den *Phycchromaceen* ausgeschieden werden müssen. Ich glaube jedoch, dass ich die aus der Untersuchung der genannten unzweifelhaften *Phycchromaceen* gewonnenen Resultate, da sie in allen Hauptpunkten übereinstimmen, als für die ganze Gruppe der *Phycchromaceen* geltende betrachten kann. Dass dabei Resultate auch für die Kenntniss der Bacterien-Organisation abfallen, ist selbstverständlich. Alle meine Untersuchungen wurden mit dem homogenen, apochromatischen Objectiv mit 3 mm Brennweite und 1,30 Apertur von

Zeiss, sowie den Compensationsocularen, welche 12 und 18 Mal die Objectivvergrößerung von c. 83,3 vergrößerten, gemacht.

1. Untersuchungen über die den grünen Farbstoff enthaltende „Rindenschicht“ oder das Chromatophor. Da unter der neueren botanischen Literatur einige eingehendere Abhandlungen über die Structur der Chlorophyllkörper der höheren Pflanzen vorhanden sind, so lag es nahe, die von den Autoren derselben für diese zweckmässig befundenen Untersuchungsmethoden auch auf die grüne Rindenschicht der *Phycochromaceen* anzuwenden. Die letzte zeitigliche Abhandlung, welche den Titel führt: „Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas“, hat Frank Schwarz¹⁾ zum Verfasser. In Folge gelegentlicher Nachuntersuchungen konnte ich die von F. Schwarz über die Structur der Chlorophyllkörper gefundenen Thatsachen im Wesentlichen bestätigen, und auch für die Chlorophyllkörper vieler grüner Algen einen ähnlichen Aufbau nachweisen. Ich wählte daher die von diesem Autor (S. 38 bis 74) angegebenen Untersuchungsmethoden.

Betrachtet man mit dem erwähnten Zeiss'schen System bei intensivem Tageslicht, welches möglichst dicht neben der Sonne entnommen sein muss, oder auch bei entsprechender Lampenlichtbeleuchtung einen kräftig vegetirenden Faden, z. B. von *Tolypothrix Aegagropila*, oder von *Oscillaria tenerima* oder *tenuis*, nachdem man genau auf die Oberfläche der grünen Rindenschicht eingestellt hat, so wird man bei den meisten Zellen deutlich winzige chlorophyllgrüne, das Licht stark brechende, kugelige Körper erkennen können, welche in einer homogenen, das Licht weniger brechenden Masse eingebettet zu sein scheinen. Auch kann man erkennen, dass der blaue Farbstoff im Zellsaft gelöst ist. Die winzigen chlorophyllgrünen Kugeln sind zweifellos die als „Arthur Meyer'sche Grana²⁾“ in der Literatur bekannten Gebilde und die eigentlichen Träger des Chlorophyllfarbstoffes. Noch etwas deutlicher sichtbar machen konnte ich diese Grana, wenn ich mit möglichster Vermeidung der Plasmolyse die Fäden nach und nach in immer stärkere und zuletzt concentrirte Zuckerlösung brachte und dann plötzlich wieder in reines Wasser setzte, oder wenn ich dieselben in 10% Kochsalzlösung eingelegt betrachtete. Durch Anwendung von Hühnereweiss dagegen, wodurch Frank Schwarz dieselbe Wirkung bei Chlorophyllkörpern der höheren Pflanzen erzielte, erhielt ich hier kein günstiges Resultat.

Driückt man vermittelst des Deckglases in Wasser liegende Zellen z. B. von *Tolypothrix Aegagropila*, so dass einzelne derselben verletzt werden und Wasser in dieselben eintritt, oder legt man Material der betreffenden Alge auf etwa 24 Stunden in etwa 6- bis 10%ige Kochsalzlösung, so werden chlorophyllgrüne, rosenkranzförmige Fibrillen sichtbar (Fig. 26 a

1) In Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen, Bd. V. 1887.

2) Vergl. A. Meyer, Das Chlorophyllkorn. 1883. S. 23.

und b). Es stellt sich nämlich heraus, dass stets eine Anzahl der grünen Grana einen zusammenhängenden Faden bilden. Die zu einer Fibrille gehörenden Grana bleiben einander genähert, während sie von den Grana benachbarter Fibrillen entfernter liegen. Diese Erscheinung ist die Folge entweder der Quellung und folgenden Lösung der zwischen den Fibrillen liegenden Substanz (Schwarz's Metaxin?) oder nur der Quellung derselben durch die verdünnte Kochsalzlösung. Die einzelnen Glieder dieser Fibrillen müssen natürlich durch eine andere Substanz zusammengehalten werden, die allerdings zwischen den Grana oft sehr reducirt ist, da die Grana einer Fibrille meist dicht aneinandergereiht sind. Ob diese Substanz grünen, und zwar nach den erwähnten Behandlungen jetzt meist noch deutlicher chlorophyllgrünen Farbstoff (da das Phycocyan nach und nach aus den Zellen herausdiffundirt) enthält, ist nicht möglich, mit Sicherheit festzustellen. Bisweilen schienen mir die Grana die alleinigen Inhaber des Farbstoffes zu sein. Allerdings bleibt es auch zweifelhaft, ob das ganze Granum gefärbt ist, oder nur eine Hülle, welche einen farblosen Kern umgeben würde. Für Letzteres spricht der Anschein. Immerhin ist es auch möglich, dass das starke Lichtbrechungsvermögen diesen hervorbringt. Diese grünen Fibrillen liegen parallel der Zellmembran, doch von dieser durch eine dünne, hyaline Protoplasmasehicht getrennt. Meist lagern sie nur in einer Schicht, und zwar verlaufen sie gewöhnlich spiralig, in kurzen, bisweilen geschlängelten Theilwindungen um den fibrigen Zellraum herum (vergl. Fig. 16, 22, 26, 28 f.); bei cylindrischen Zellen kommt es jedoch auch vor, dass sie als Ringe oder Ringtheile denselben umlagern (Fig. 24 d), oder in Linien parallel der Längsrichtung verlaufen. Selten lagern die Fibrillen in zwei Schichten, die sich dann stets in der Richtung kreuzen. Mit voller Sicherheit konnte ich jedoch zwei gleichmässige Schichten nur bei sehr stark grün gefärbten Zellen nachweisen, so z. B. bei sehr dicken Fäden einer *Tolypothrix*, welche bis 16 μ dicke Scheiben besass, aber wohl noch als Form zu *T. Aegagropila* Kütz. gehört. Einzelne die obere Schicht kreuzende Fibrillen sind mir dagegen öfters vorgekommen.

Durch verdünnte Essigsäure oder, noch besser, durch mit Essigsäure angesäuerte, wässrige Ferrocyankaliumlösung werden die Fibrillen und deren Grana bei allen untersuchten *Phycochromaceen* zwar sogleich entfärbt, dafür aber desto deutlicher sichtbar. Das mit verdünnter Kochsalzlösung behandelte Material, fixirt und mit Eosin oder Essigsäure-Carmin gefärbt, lässt die Fibrillen ebenfalls deutlich hervortreten. Die Tinctionsfähigkeit der Fibrillensubstanz, ebenso wie die der Granahüllen, ist zwar nicht sehr bedeutend, aber doch grösser, als die der gequollenen Zwischen-substanz und auch wohl der Substanz der Centren der Grana. Sehr deutlich treten die Fibrillen hervor, wenn man 24 Stunden lang mit verdünnter Kochsalzlösung behandeltes Material mit verdünnter Jodtinctur färbt. Die Granahüllen erscheinen dann sehr dunkelbraun gefärbt, die Granakerne aber haben sicher kein Jod aufgenommen. Diese Thatsache, sowie die

grosse Widerstandsfähigkeit der Grankerne gegenüber Salzsäure, Salpetersäure, Chromsäure, organischen Säuren, Alkohol, Aether etc., ihre leichte Löslichkeit in stark verdünnter Kalilösung und in concentrirter Schwefelsäure lässt fast vermuthen, dass dieselben aus Paramylon bestehen; doch ist dies bei der Kleinheit des Objectes nicht mit Sicherheit festzustellen.

Die vorstehend über die „grüne Rindenschicht“ der *Phycochromaceen*-zellen mitgetheilten Thatsachen lassen auf den ersten Blick fast keinen Zweifel aufkommen, dass wir es hier mit einem Chromatophor, wie solche bei den höheren Pflanzen und auch bei den chlorophyllgrünen Algen vorhanden sind, zu thun haben. Dennoch ist dieses Chromatophor nicht ganz gleichartig den Chromatophoren der übrigen Pflanzen. Es sind hier wohl die Elemente, die Fibrillen und deren Grana vorhanden. Dieselben setzen jedoch kein in sich abgeschlossenes Ganzes zusammen. Man kann dies sogleich erkennen, wenn man die vegetativen Zellen eines wenig gefärbten *Tolypothrix*-fadens, wie solche nicht selten zwischen den anderen vorkommen, oder auch jüngere Grenzzellen, nach der Behandlung mit 10%iger Kochsalzlösung während etwa 24 Stunden, betrachtet. Bei diesen erkennt man leicht, dass die grüne Rindenschicht aus verhältnissmässig wenigen von einander ziemlich entfernt, aber meist in derselben Richtung verlaufenden Fibrillen gebildet wird. Also nicht allein in Folge geringerer Färbung der vorhandenen Fibrillen, sondern in Folge des Vorhandenseins einer geringeren Anzahl der Fibrillen kann die Rindenschicht schwächer gefärbt erscheinen. Normal fibrillenarm sind die sich häufig im Alter verfärbenden Rindenschichten der Grenzzellen vieler *Phycochromaceen*. Es giebt aber auch Arten und Varietäten der *Phycochromaceen*, welche sich durch die blassgrüne Farbe der vegetativen Zellen auszeichnen, bei deren näherer Untersuchung man in der Rindenschicht stets nur eine verhältnissmässig geringe Anzahl Fibrillen findet. Dahin gehören z. B. dünnere *Oscillarien*, Arten von *Lyngbya* (*Hypheothrix*), *Phormidium*, *Nostoc* und *Anabaena*-Arten. Ferner von *Chroococcaceen*, manche Arten von *Aphanocapsa* (vergl. Fig. 16) und viele andere kleinere Formen anderer Gattungen. Ja, es giebt winzige Arten der Gattungen *Polycystis*, *Aphanocapsa*, *Gloeocapsa* und *Aphanothece*, bei welchen in jüngeren Zellen oft nur eine Fibrille die grüne Rindenschicht zu bilden scheint (vergl. Fig. 22). Auch kommt es vor, dass in der grünen Rindenschicht Vacuolen auftreten und dann diese wie durchbrochen erscheint.

Dieses Auftreten der Vacuolen in der Rindenschicht beruht allerdings wohl oft auf Degeneration der betreffenden Zellen. Ich beobachtete derartige Zellen zwar auch unter frisch den Fundstellen entnommenem Material, jedoch häufiger bei *Phycochromaceen*, welche ich längere Zeit in Cultur hatte. Ja, die Durchbrechung der Rindenschicht kann so weit gehen, dass mehrere getrennte, scheinbar geformte Chromatophoren vorhanden zu sein scheinen, oder auch, dass ein unregelmässiges, grün gefärbtes Netz entsteht. Ein unregelmässiges, grün gefärbtes Netz ist übrigens auch bei

manchen wenig farbigen *Phycochromaceen* normal vorhanden, nur ist dasselbe feiner und kommt hier nicht dadurch zu Stande, dass Vacuolen die Fibrillenschicht unterbrechen, sondern dadurch, dass sich breitere Flecken von farblosem, hyalinem Protoplasma zwischen die einzelnen Fibrillen einschoben. Solche grün gefärbte Netze beobachtete ich an verschiedenen *Nostoc*- und *Anabaena*-Arten. Deinema hat anscheinend ein derartiges Netz bei *Oscillarien* (*O. Froelichii* Kg. und *O. princeps* Vauch.) beobachtet. Ich habe bisher jedoch nur *Oscillarien* gesehen, welche die grünen Fibrillen in mehr oder weniger paralleler Anordnung und gelagert in spiraligen Theilwindungen zeigten. Ein Wabenbau, wie ihn Bütschli gesehen zu haben glaubt, ist sicher nicht vorhanden. Bütschli hat vermuthlich grüne Netze entweder in einer Ebene liegender, aber nach verschiedenen Richtungen verlaufender Fibrillen oder aber in zwei verschiedenen Schichten übereinander liegende, aber in den Schichten nach entgegengesetzten Richtungen verlaufende Fibrillen gesehen. Es wäre allerdings auch möglich, dass nur in einer Ebene dicht nebeneinander lagernde Fibrillen, welche nur durch sehr wenig Zwischensubstanz getrennt sind, demselben den Wabenbau vorgetäuscht haben. Wie ich oben schon andeutete, sind die in den Fibrillen lagernden Granakerne, die vielleicht Paramylonkörner sind, sehr stark lichtbrechend und erscheinen als farblose Lücken mit gefärbter Hülle, so dass man, wenn die Fibrillen sehr nahe aneinander liegen und die grüingefärbten Theile der Fibrillen dem Auge verschmelzen, wohl zur Annahme eines Wabenbaues gelangen kann. Freilich stimmt in diesem Falle die Grösse der von Bütschli auf seiner Tafel gezeichneten Waben nicht. Derselbe hätte die Waben dann zu gross gezeichnet. Ich muss übrigens hierzu besonders bemerken, dass ich die von Bütschli untersuchten Bacterien, vorzüglich die der Gattung *Chromatium* Perty angehörenden, grösseren Formen leider nicht untersuchen konnte. Immerhin dürften sich diese wohl kaum anders verhalten, als die von mir untersuchten *Phycochromaceen*.

Sind die hier zuletzt mitgetheilten Thatsachen schon geeignet, eine Verschiedenheit der grünen Rindenschicht und der geformten Chromatophoren höher organisirter Pflanzen anzudeuten, so ist jedoch für diese die Thatsache ausschlaggebend, dass gar nicht selten eine Durcheinanderschiebung der grünen Fibrillen-Elemente der Rindenschicht und der Elemente des sogenannten Centralkörpers stattfindet. Ich werde weiter unten noch auf diese Durcheinanderschiebung zurückzukommen haben; hier sei daher vorerst nur auf dieselbe aufmerksam gemacht und festgestellt, dass zwar die Elementartheile der Chromatophoren höherer Pflanzen, d. h. grüingefärbte Fibrillen auch bei den *Phycochromaceen* vorhanden sind, nicht jedoch in sich abgeschlossene, geformte, aus denselben gebildete Chromatophoren, welche z. B. den Chlorophyllkörpern der höheren Pflanzen entsprechen.

2. Untersuchungen über den Centralkörper (Bütschli's Zellkern). Dieselben Untersuchungsmethoden, welche zur Erkenntniss der

Structur der grünen Rindenschicht oder des Chromatophors bei den *Phycochromaceen* führen, sind zum Theil auch geeignet, zugleich uns ein übersichtliches Bild von dem Aufbau des Centrankörpers zu verschaffen. Betrachtet man z. B. einen kräftig vegetirenden Faden von *Tolypothrix Aegagropila* Kütz. (vergl. Fig. 26), welcher in 6 bis 10% wässriger Kochsalzlösung liegt und bereits etwa 24 Stunden in dieser Flüssigkeit gelegen hat, oder welcher in verdünnte Essigsäure oder in mit Essigsäure eingesäuerte Ferrocyankaliumlösung eingelegt ist, so kann man in der Mitte der Zellen einen verhältnissmässig grossen Körper erkennen, welcher deutlich aus einem Fadenknäuel besteht. In manchen sehr jugendlichen Zellen junger Fäden von *Tolypothrix* (vergl. Fig. 27a) ist dieser Körper in sich völlig abgeschlossen und abgerundet, und einem normalen Zellkern höher organisirter Organismen so ähnlich, dass man ihn auf den ersten Blick für einen solchen zu halten geneigt ist. In der That ist derselbe auch für einen normalen Zellkern gehalten worden, so z. B. von Wille¹⁾. Schon in anderen gleichaltrigen Zellen derselben Fäden (vergl. Fig. 27z) findet man jedoch, dass dieser centrale Körper kein normaler geschlossener Zellkern sein kann. Man beobachtet nämlich, dass sich die äusseren Fadenlagen des Knäuels lockern und sich abwickeln, und dass dieses Abwickeln so weit fortschreiten kann, dass Fadentheile bis an die Zellmembran vordringen, ja sogar, wie ich oben schon erwähnt habe, sich zwischen die Fibrillen des Chromatophors einschieben können. Diese Thatsache ist in den meisten Fällen leicht zu erkennen. Die Substanz der Fäden selbst ist allerdings vom übrigen Protoplasma schwer unterscheidbar, jedoch sind die Fadenstücke fast stets durch in dieselbe eingereihte grössere oder kleinere, das Licht stark brechende Körper auch selbst beim lebenden Material deutlich bestimmt, so dass man aus der Lagerung dieser Körper in Reihen den Verlauf der abgewickelten oder gelockerten Fadenstücke erkennen kann. Dasselbe ist übrigens auch bei den Fadenstücken, welche noch eine compacte Masse im Centrum des Knäuels bilden, der Fall, sofern dieselben überhaupt solche stark lichtbrechende Körper führen. Deutlicher noch werden diese Verhältnisse, wenn man mit Alkohol, wässriger, concentrirter Pierinsäurelösung oder sonst auf irgend eine Weise das Material fixirt und mit Essigsäure-Carmin färbt. Schon vor dem Auswachsen, also bei diffuser Färbung der Fäden, bemerkt man, dass sich der zellkernartige Centrankörper stärker gefärbt hat, als die Rindenschicht. Es beruht dies nicht so sehr darauf, dass die Kernfadensubstanz selbst sich stärker färbt, als die ausserhalb des Centrankörpers liegenden protoplasmatischen Inhaltsbestandtheile, als vielmehr darauf, dass die im Kernfadentheile eingelagerten, das Licht stark brechenden Körperchen sich ganz ausserordentlich intensiv mit dem genannten Farbstoff tingiren. Nach einer zweckmässigen Beseitigung

1) N. Wille: Ueber die Zellkerne und die Poren der Wände der *Phycochromaceen* in den Berichten der deutschen bot. Gesellsch. Bd. I. 1883. S. 243.

der Ueberfärbung, — bei manchen *Tolypothrix*-Arten genügt oft schon Auswaschen mit Wasser, — kann man leicht sehr instructive Präparate erhalten, bei welchen nur die in die Kernfadentheile eingelagerten Körper stark gefärbt sind. An derartigen Präparaten ist der Verlauf der Kernfadentheile deutlicher noch zu sehen, als an ungefärbtem Material (vergl. die Fig. 12—15, 17—21, 23—29, 31). Sind die eingelagerten Körper von verschiedener Grösse, oder zu einer abnormen Grösse sämmtlich herangewachsen, so ist der Kernfadenverlauf allerdings nicht mehr sehr deutlich zu erkennen, zumal da die Fadentheile, welche zwischen je zwei eingelagerten glänzenden Körpern sich befinden, nicht dem Dickenwachsthum dieser folgen. Es scheinen dann die Körper — ich will dieselben fortan als Kyanophyeinkörner bezeichnen, da Borzi¹⁾ deren Substanz als „Ciano-finea“ benannt hat — unregelmässig vertheilt im Innern der Zelle zu liegen (vergl. Fig. 30). Freilich kann man bisweilen auch dann noch deutlich erkennen, dass feine Fadenstücke die benachbarten Kyanophyeinkörner verbinden (vergl. Fig. 15 c.).

Die Lockerung und Abwicklung der äusseren Fadenstücke ergibt den Hauptunterschied zwischen dem Centrankörper der *Phycochromaceen* und den Zellkernen höherer Pflanzen. Die Centrankörper sind nicht wie diese geschlossen. Selbstverständlich fehlt ihnen auch durchaus eine besondere Kernmembran. Ausserdem ist vielleicht noch ein durchgreifender Unterschied vorhanden. Bekanntlich ist es noch fraglich, ob im Kerngerüst der geschlossenen, ruhenden Kerne höher organisirter Pflanzen nur ein Kernfaden vorhanden ist oder mehrere. Strasburger²⁾ und Guignard³⁾ halten zwar an der Existenz nur eines zusammenhängenden Kernfadens fest, dennoch ist in den meisten Fällen ein complicirtes, verschlungenes Netzwerk beobachtet worden, welches wohl eher aus mehreren Fäden zusammengesetzt zu sein scheint. Hier nun bei den *Phycochromaceen* scheint mir es ziemlich sicher zu sein, dass in den Centrankörpern stets nur ein einziger Faden vorhanden ist. Nachdem ich glaubte, mehrere freie Fadenenden bei grösseren *Phycochromaceen* beobachtet zu haben, musste ich bei genauerer Untersuchung stets wahrnehmen, dass ich mich getäuscht habe. Ja, es gelang mir in den meisten Fällen überhaupt nicht, freie Enden wahrzunehmen, so dass ich Grund zur Annahme habe, dass wenigstens eines der freien Enden des Fadens stets im Innern des Knäuels sich befindet. Nur bei einigen kleineren Arten ist es leichter möglich, die freien Enden des Centrankörperfadens zu beobachten, so z. B. bei *Aphanocapsa* sp. (vergl. Fig. 16—19), bei Arten der Gattungen *Aphanothece* (Fig. 20—22), *Gloeocapsa*, *Anabaena*, *Nostoc* u. a. Hier ist es eben auch möglich, mit

1) Borzi: Le comunicazioni intracellulari delle Nostochinee in Malpighia 1886.

2) Strasburger: Die Controversen der indirecten Kerntheilung. Archiv für mikrosk. Anatomie. Bd. 23. 1884. S. 249.

3) Guignard: Nouvelles recherches sur le noyau cellulaire. Annales des sc. nat. Bot. Sér. VI., T. 20, p. 358.

völliger Sicherheit das Vorhandensein nur eines Centralkörperfadens festzustellen¹⁾. Ob man nun auf die Centralkörper der *Phycochromaceen* den Namen „Zellkern“ anwenden will, oder nicht, ist schliesslich gleichgültig. Vielleicht wird es zweckmässig sein, dieselben als offene Zellkerne gegenüber den geschlossenen der höheren Organismen zu bezeichnen.

In vielen Centralkörpern sind die Fadenstücke gleichmässig mit Kyanophycinkörnern besetzt. Es kommt jedoch auch vor, dass ein innerer Theil des Fadenknäuels keine oder nur sehr kleine Kyanophycinkörner führt, der äussere in der Abwicklung und Lockerung begriffene Theil dagegen desto grössere und auffallendere. Durch dergleichen Vorkommnisse ist wohl Zacharias bewogen worden, die Kyanophycinkörner ganz aus dem Centralkörper in die grüne Rindenschicht zu verweisen, obgleich es doch bei vielen Zellen nicht besonders schwierig ist, zu erkennen, dass auch die zwischen den Fibrillen der grünen Rindenschicht sich findenden Körner dem Centralkörper angehören und in abgewickelten Theilen seines Fadengerüstes eingelagert sind.

Der Nachweis, dass auch dann, wenn die Kyanophycinkörner theilweise isolirt zu liegen scheinen, dieselben doch durch Kernfadensubstanz verbunden sind, ist bisweilen zu führen, wenn man die Zellen zerreisst, so dass die Kernfadentheile frei werden. Freilich werden durch das Zerreißen der Zellen auch Kyanophycinkörner ganz frei und von den Fäden losgerissen.

Die Beobachtung, dass sich vom Centralkörper Fadenstücke lockern, ja dass der ganze Knäuel, sich gewissermassen aufwickelnd, in ein verschlungenes, unregelmässiges Fadennetz (vergl. Fig. 12) oder auch nur in einige verworrene Fadenschlingen (vergl. Fig. 23 f.) sich auflösen kann, veranlasste mich, zu untersuchen, ob vielleicht diese Verschiedenheiten im Aufbau des Centralkörpers mit der Theilung desselben bei der Zelltheilung zusammenhängen. In der That sind ja bereits Bilder, wie sie unsere Fig. 13 und 23 f. darbieten, von Scott²⁾ für Kerntheilungsbilder gehalten worden. Doch hat bereits Zacharias sich gegen die Auffassung Scott's erklärt, und bei keiner *Phycochromacee* Kerntheilungsfiguren beobachtet (a. a. O., S. 57). Meiner Beobachtung nach findet nun auch die Zelltheilung ganz unabhängig von dem Zustande des Centralkörpers statt. Bald fand ich die Fadengerüste desselben bei der Zelltheilung zu einem dichten Knäuel zusammengerollt, etwa wie in der mit c bezeichneten Zelle in Fig. 24, bei welcher die Windungen des Knäuel mehr oder weniger quer verlaufen; die Abschnürung erfolgte dann dadurch, dass in der Mitte eine der Windungen nach und nach mit dem Fortschreiten der ringförmigen neuen Zellwand immer enger wurde, bis nur noch die beiden neuen Knäuel durch

¹⁾ Aehnlich verhalten sich meines Erachtens nach die meisten Bacterien. Bei denselben ist nur ein ganz kurzer, gar nicht oder nur wenig verschlungener Faden vorhanden, ja bei manchen kugeligen *Coccobacterien* ist wohl häufig nur ein Glied eines solchen, dass nur ein einziges Kyanophycinkorn bisweilen enthält, vorhanden.

²⁾ Scott: On Nuclei in *Oscillaria* and *Tolypothrix*. Linn. Soc. Journal of Botany. vol. XXIV. 1887.

einen einfachen Faden zusammenhängen, der zuletzt durchriss. Bald war der Knäuel mehr oder weniger in dem Abwicklungs- oder Auflösungsstadium begriffen (vergl. Fig. 13, 23). und dann musste man annehmen, dass der Kernfaden sich nach und nach verschiebt, bis die neuen Zellhälften gleich grosse Stücke desselben enthalten, und eine Trennung dieser stattfinden kann. In beiden Fällen erhält man den Eindruck, dass durch das Abreissen des Kernfadens die Zelltheilung geschlossen wird oder dass doch Kernfadentheilung und Zelltheilung gleichzeitig vollendet sind.

Ich muss nun auf meine Untersuchungen über die Beschaffenheit der in dem Kernfaden vorkommenden Kyanophyceinkörner, welche, wie ich oben schon sagte, sich mit Essigearmin stets leicht färben lassen, genauer eingehen, ehe ich jedoch die von mir festgestellten mikrochemischen Reactionen der Substanz derselben erörtere, will ich erst einen Blick auf die morphologische Beschaffenheit und ihre Lagerungsverhältnisse in den verschiedenen Zellen werfen.

Es ist auch anderen Beobachtern, z. B. Wille¹⁾, schon aufgefallen, dass diese hier als Kyanophyceinkörner bezeichneten Gebilde normal durchaus nicht regelmässig kugelige Formen zeigen, also nicht etwa Tropfen einer zähflüssigen Substanz, sondern feste Körper von eckiger Gestalt sind. In der That gelang es mir auch Arten von *Phycochromaceen* aufzufinden, bei welchen ich mit völliger Sicherheit erkennen konnte, dass man es hier mit Krystallen oder, da es sich um eine organische, quellbare Substanz handelt, sogenannten Krystalloiden zu thun hat. Ein in dieser Beziehung besonders günstiges Object bot sich mir in *Tolypothrix tenuis* Kütz. var. *pallescens* Rabenh. Ich entnahm Material dieser Alge einem bereits in der Schlesischen Flora durch Hilse bekannten Fundorte, den alten Mergelgruben auf den Lohewiesen bei Peterwitz bei Strehlen. Dieses Material, von welchem ein Theil mit Pikrinsäure fixirt wurde, erwies sich als ausserordentlich kyanophycinhaltig. Nur sehr selten fanden sich Zellen ganz jugendlicher Fäden (vergl. Fig. 27 a), welche nur wenig oder gar keinen Kyanophycingehalt des Centralkörpers zeigten. Die meisten Zellen besaßen einen centralen Fadenknäuel, der bald in mehr oder weniger abgerundetem, bald in mehr gelockertem Zustande sich befand (vergl. Fig. 27, 28, 29, 31), stets aber in den lebensfähigen, noch kräftig vegetirenden Fäden einen sehr deutlichen Kernfadenverlauf zeigte, der besonders nach der Färbung der Kyanophyceinkörner mit Essigsäure-Karmin sehr deutlich zu erkennen war. Unter den kräftig vegetirenden Fäden der Alge befanden sich aber auch solche, welche anscheinend in Folge des zu grossen Gehaltes an Kyanophycin im Begriff waren, abzusterben oder auch bereits abgestorben waren. In den Zellen dieser Fäden fanden sich zahlreiche, ziemlich grosse Kyanophyceinkörner, welche fast die ganze Zelle erfüllten (Fig. 30), von der grünen Rindenschicht war dabei Nichts oder nur Wenig noch vorhan-

1) Vergl. Berichte der deutschen Botan. Gesellsch. Bd. I. 1883. S. 244.

den. Eine Lagerung dieser Körner in Reihen war nicht mehr mit Sicherheit zu erkennen, dagegen konnte man bemerken, dass einzelne benachbarte Körner noch durch kurze Fadenstücke, die jedoch bei Weitem dünner waren, als die Körner, verbunden waren. Diese Körner liessen nun bereits oft deutlich erkennen, dass man es mit sogenannten Krystalloiden zu thun habe. Noch viel grössere, auffallendere Kyanophycin-Krystalle fand ich dann in einzelnen Fäden derselben Alge, die noch ganz lebenskräftig aussahen, und zwar stets in den Endzellen derselben, aber regelmässig nur einen grossen Krystall, selten zwei in jeder Zelle. Diese grossen Krystalle hatten bisweilen einen Durchmesser von 4 bis 5 μ , zeigten deutliche Würfelform des regulären Krystallsystems (Fig. 28 a, c, e), bisweilen fanden sich auch deutliche Octaederflächen, durch welche die Würfel enteckt waren (Fig. 28 b). In seltenen Fällen fand ich auch hemiedrische Formen. In einer solchen glaube ich ein Triakistetraeder erkannt zu haben. Bisweilen, wenn diese Solitärkrystalle nicht allzugross waren, lagen sie innerhalb des Centralfaden-Knäuels, vollkommen von Fadenstücken umschlossen (Fig. 28 e); waren sie jedoch grösser, so ragten sie auf einer Seite aus dem Centralkörper heraus. Immerhin konnte auch hier kein Zweifel sein, dass auch diese grossen Kyanophycin-Krystalle Gebilde des Centralkörpers sind. Die die Krystalle umgebenden oder doch denselben einseitig anlagernden Fadenelemente enthielten übrigens noch unzählige kleine Kyanophycinkörner. Was nun die Form dieser kleineren Krystalle betrifft, so scheint der einfache Würfel verhältnissmässig selten zu sein. Die meisten erscheinen für das Auge im Umriss polyedrisch. Vermuthlich gehören diese der enteckten Würfelform wenigstens zum Theil an, doch ist es wohl wahrscheinlich, dass auch noch andere Formen vorkommen. Auch grössere Doppelkrystalle habe ich mit Sicherheit beobachtet, und vermuthlich sind die mehr länglichen, kleineren Kyanophycinkörner, welche gar nicht selten sich in den Centralfadentheilen beobachten lassen, als solche zu deuten.

Ganz ähnliche, wenn auch nicht so grosse (etwa nur bis $2\frac{1}{2}$ μ Durchmesser besitzende) und darum weniger leicht bestimmbar Kyanophycin-Krystalle fand ich auch in Material von *Oscillaria tenerrima* Kütz., welches aus der hölzernen Mühlwasserleitung der Wiesenbaude im Riesengebirge stammte. Auch hier konnte ich die einfache Würfelform allerdings als seltenere Erscheinung feststellen (Fig. 25 c). Ausserdem glaube ich hier Trapezoeder (Ikositetraeder) sicher erkannt zu haben (vergl. Fig. 25 b bei z), die wohl auch unter den fast kugelig erscheinenden, kleineren Kyanophycinkörnern bei *Tolypothrix* und auch bei anderen *Phycocromaceen* eine Rolle spielen dürften. Bei *Oscillaria tenerrima* beobachtete ich auch Zwillingskrystalle, welche aus zwei erwachsenen Trapezoedern zu bestehen schienen. Grössere Kyanophycin-Krystalle fand ich auch in *Hapalosiphon hormioides* Rabenh., von welcher Alge ich reichliches Material dem oberen Stolleneingang eines alten Bergwerkes unterhalb der

Granatenfelsen am Eulengrunde im Riesengebirge entnahm. Hier fanden sich bis 6 μ grosse Kyanophycin-Krystalle und Krystallzwillinge, deren krystallographische Bestimmung mir jedoch nicht gelang. Dieselben erfüllten absterbende oder bereits abgestorbene Zellen der Alge fast ganz. Unter den kleineren hier vorhandenen Krystallen dürfte wohl auch der Trapezoeder oft vorkommen (vergl. Fig. 15 c). Auch in absterbenden Zellen von *Chroococcus turgidus* Naeg. und *Chr. tenax* Hieron. (syn. *Chr. turgidus* b. *tenax* Kirchner), welchen ersteren ich den Tümpeln der weissen Wiese, letzteren einer feuchten Felswand am Eingang der Kochelschlucht bei Schreiberhau im Riesengebirge entnahm, fand ich oft grössere Kyanophycinmassen; doch hatten diese Massen oft ziemlich unregelmässige, wiewohl eckige Formen, so dass ich vermuthen muss, dass dieselben Zwillinge, Drillinge oder Verwachsungen noch mehrerer Krystallindividuen waren. Die einzelnen Krystalle, welche auch noch in manchen theilungsfähigen Zellen relativ gross sind, scheinen mir entweder Combinationen des Würfels mit dem Octaeder, oder Trapezoeder zu sein (vergl. Fig. 13). Auch bei vielen anderen *Phycocchromaceen* kann man erkennen, dass die Kyanophycinkörner eckige krystallinische Gestalt haben. Mitunter zeigen die Kyanophycinkrystalle im Centrum einen deutlichen Hohlraum mit meist unregelmässig zackiger Begrenzung. Es dürften dies Krystalle sein, deren Substanz in der Auflösung begriffen sind, um, wie ich noch erörtern werde an anderer Stelle, sei es in derselben Zelle oder in einer anderen, sofern es sich um Fadenalgen handelt, wiederum als Krystall oder in einer anderen Form abgelagert zu werden. Auch Zacharias hat solche centrale Lücken schon gesehen (a. a. O. S. 40). Die Vermuthung, dass diese Krystalle in der Lösung begriffen sind, dürfte deswegen richtig sein, weil auch gewisse Reagentien (siehe unten) die Krystalle vom Centrum aus lösen. Die erwähnte andere Form, in welcher die Kyanophycinsubstanz bei manchen Fadenalgen secundär, und zwar sicher ausserhalb des Centralkörpers abgelagert wird, ist nun aber zweifellos eine amorphe. Es finden sich nämlich fast in allen sogenannten Grenzzellen der *Phycocchromaceen*, besonders in deren oberen an die erste vegetative Zelle oder an eine Dauerzelle, wo diese vorhanden sind, anstossenden Hälfte sehr häufig rundliche, amorphe Kyanophycinmassen, welche nicht selten sich der Flaschenhalsform dieser Hälfte anschmiegen und tief in den anfangs offenen, später aber durch Gallerte geschlossenen Porenkanal hineinragen, welcher die Grenzzelle mit der angrenzenden Zelle verbindet (vergl. Fig. 31 b). Vielleicht haben die Grenzzellen überhaupt die Function, übermässig in den vegetativen oder Dauerzellen gebildetes Kyanophycin aufzunehmen und als Speicher für dasselbe zu dienen. Bisweilen scheinen die Grenzzellen aber zu diesem Zweck noch nicht zu genügen. In diesem Falle wird die Substanz nach den ältesten vegetativen Zellen besonders am andern, freien Ende der Zellfäden geschafft. Dieselbe tritt jedoch hier nicht als amorphe Masse wieder auf, sondern in der Form der oben bereits beschriebenen grösseren Krystalle, so bei *Tolypothrix tenuis* Kütz. var. *pallescens*

Rabenh. (vergl. Fig. 28a, b, c, e), wo ich gar nicht selten solche grössere Krystalle in den vegetativen Zellen der beiden Fadenenden, besonders aber des freien, fand. Uebrigens treten auch in jüngeren Grenzzellen, wie ich mich an demselben Material überzeugen konnte, bisweilen auch grössere Krystalle auf, dann jedoch stets im Centrikörper derselben und im Zusammenhange mit dem Kernfaden desselben. Die Wanderung der Kyanophycinsubstanz wird wohl in einer der Stärkewanderung ähnlichen Weise stattfinden. Wie die Stärke nicht als aufgelöste Stärke, sondern als Glycose von einer Zelle zur andern transportirt wird, so wird wohl auch hier die Kyanophycinsubstanz der Verwandlung in eine lösliche Verbindung unterzogen werden und erst am Endziel ihrer Wanderung als Kyanophycin wieder in Erscheinung treten. Einen solchen im Zellsaft löslichen Stoff nachzuweisen ist mir aber nicht gelungen. Erleichtert wird die Stoffwanderung sicher durch die bei vielen fädigen *Phycchromaceen* in den Querwänden vorkommenden Poren.

Was nun die chemische Beschaffenheit der Kyanophycinmassen anbelangt, so habe ich dieselbe nur durch mikrochemische Reactionen zu erforschen gesucht. Sehr zu wünschen wäre es, dass die Substanz auch makrochemisch noch genau untersucht würde, wozu wohl besonders die häufig in umfangreichen Rasen auftretenden *Tolypothrix*-Arten ein geeignetes Material abgeben würden. Als Material zur mikrochemischen Untersuchung benützte ich vorzüglich diese *Tolypothrix*-Arten, besonders auch die erwähnte *T. tenuis* Kütz. var. *pallescens* Rabenh. und *T. Aegagropila* Kütz., zum Vergleich aber auch viele andere *Phycchromaceen*-Arten von *Oscillaria*, *Phormidium*, *Chroococcus*, *Aphanocapsa* etc. Uebrigens haben bereits Borzi¹⁾ und besonders auch Zacharias²⁾ die Kyanophycinmassen mikrochemisch untersucht. Ihre verhältnissmässig leichte Tingirbarkeit nach der Fixirung ist aber schon von Schmitz³⁾ und Strasburger⁴⁾ festgestellt worden. Die Angaben dieser Forscher kann ich nun in einigen Beziehungen berichtigen und ergänzen. Vorerst lag es mir daran, festzustellen, ob die Kyanophycinmassen Eiweissreactionen zeigen. Weder Borzi, noch Zacharias haben durch Erwärmen mit Millon'schem Reagens die bekannte Proteinreaction, bestehend in rosenrother Färbung, erhalten. Auch mir glückte es nicht. Ebensowenig erhielt ich eine gelbe Färbung der Kyanophycinkörper bei Behandlung mit Salpetersäure oder mit dieser und Ammoniak. Auch die Reaction mit concentrirter Kupfervitriollösung und nachfolgendem Einlegen von *Tolypothrix*-fäden in heisse Kalilauge ergaben kein Resultat und es trat keine Violettfärbung ein, ebensowenig erhielt ich mit Zucker und Schwefelsäure die er-

1) Borzi in Malpighia l. c.

2) Zacharias in Bot. Zeit. 1890, p. 38—41.

3) Schmitz in Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. in Bonn. 1880, S. 197.

4) Strasburger, Botan. Practicum. 1887. 2. Aufl., S. 340.

wünschte Rothfärbung. Nach diesen negativen Resultaten könnte man leicht zu der Annahme kommen, dass das Kyanophycin nicht zu den Proteinstoffen gehöre. Da nun aber alle die genannten Reactionen mehr makrochemisch anzuwenden sind und zur mikrochemischen Erforschung sich wenig eignen, ich auch mit Ausnahme der Reaction mit Salpetersäure und Ammoniak bei allen übrigen Inhaltsbestandtheilen der Zellen der *Phycochromaceen* nur negative Resultate hatte, so nehme ich Anstand, besonderen Werth auf das Ausbleiben der genannten Reactionen zu legen, zumal die Reactionen auch nicht an den Kyanophycinmassen selbst zu beobachten gewesen wären, sondern nur an ihren Lösungen. Es verschwinden nämlich die Kyanophycinmassen, wenn auch fixirtes Material nur langsam, bei Behandlung durch concentrirte Salpetersäure, Schwefelsäure und Aetzkali.

Gliücklicher war ich in Bezug auf die Jodreaction. Nach Borzi¹⁾ sollen sich die Kyanophycinmassen mit alkoholischer Jodtinctur und Chlorzink sehr schwach bläulich färben, ja sogar die Reaction der Stärke geben. Nach Hansgirg²⁾ sollen sie sich mit Jod gar nicht färben. Nach Zacharias³⁾ erfolgt bei Alkoholmaterial keine Färbung nach Behandlung mit verdünntem Jodglycerin oder Chlorzink-Jodlösung, in welchem letzteren Reagens die Kyanophycinkörper langsam quellen. Dagegen erhielt Zacharias intensive Braunfärbung, wenn er frische Fäden mit stark verdünnter Schwefelsäure behandelte und dann eine Lösung von Jod in Jodkali hinzuließen liess. Ich kann die Beobachtungen von Zacharias im Wesentlichen bestätigen, nicht aber die von Borzi und Hansgirg. Borzi hat vermuthlich mit Phycoeyan gefärbte Körner gesehen. Es färben sich nämlich die Kyanophycinkörper sogleich mit dem im Zellsaft gelösten Phycoeyan, wenn die Algen abgetödtet werden, ja es kommt solche Phycoeyanblaufärbung sogar bei noch lebenskräftigen Zellen vor. Nach meinen Beobachtungen färben sich die Kyanophycinkörper, — gleichgültig, ob irgendwie fixirtes oder ob frisches Material verwendet wird, — weder mit Chlorzinkjod, noch mit in absolutem Alkohol gelöstem Jod. Fügt man jedoch dem mit letzterem Reagens behandelten Präparate reines Wasser zu, oder wendet man mit Wasser verdünnte Jodtinctur an, so tritt sogleich eine intensive Gelb- und schliesslich Braunfärbung der Kyanophycinkörper ein, die jedoch durch blosses Auswaschen mit Wasser und selbstverständlich auch mit Alkohol leicht zu beseitigen ist.

Ich habe oben bereits erwähnt, dass sich die Kyanophycinmassen sehr leicht mit Essigsäure-Karmin (Schneider'schem) färben lassen. Die Färbung tritt fast augenblicklich sehr intensiv auf, auch selbst bei vorher nicht fixirtem Material. Etwaige Ueberfärbung lässt sich leicht beseitigen. Ebenso kann man schöne Reinfärbungen auch durch mehrstündiges Einlegen des mit Alkohol

1) Borzi: l. c. und in Nuovo giornale bot. ital. X. p. 253.

2) Hansgirg: Physiolog. und algologische Studien, S. 9.

3) Zacharias: in Bot. Zeitung 48. Jahrg. 1890. S. 39, 40.

fixirten Materials in Hoyer'schen Pikrokarmen oder in Grenacher'schen wässrigen Borax-Karmen und vermuthlich auch mit anderen Karminlösungen erhalten.

Was die Färbung mit Haematoxylin anbelangt, so finden sich Angaben in der Literatur, dass die Kyanophycinmassen durch dasselbe nicht gefärbt würden, so von Hansgirg¹⁾, was jedoch sicher auf Irrthum beruht. Schmitz²⁾ und Strasburger³⁾ erwähnen, dass die Kyanophycinkörner sich gegen Haematoxylin ganz ähnlich wie die Chromatinkörner verhalten. Bütschli⁴⁾ färbte die Kyanophycinkörner der von ihm untersuchten Bacterien mit Delafield'schem Haematoxylin. Ich habe zur Färbung besonders Haematein-Ammoniak verwendet. Mit demselben färben die Kyanophycinmassen sich nicht schwer, in dem Fall natürlich, dass fixirtes und dann gut ausgewaschenes Material verwendet wird. Mit Chrom- oder Pikrinsäure fixirtes Material von manchen *Tolypothrix*-Arten, *Oscillarien* etc. konnte ich oft dadurch schneller färben, dass ich dasselbe kurze Zeit in Alkohol oder auch in schwach ammoniakalisches oder alaunhaltiges Wasser einlegte. Bisweilen war es auch nöthig, die Haematein-Ammoniakflüssigkeit während der Zeit, dass ich Ammoniakdunst auf das zu färbende Präparat einwirken liess⁵⁾, mehrmals zu erneuern, um eine intensivere Färbung hervorzubringen. Uebrigens färbt sich mit Haematein-Ammoniak eine äussere Schicht der Kyanophycinkörner stets schneller, als der Kern derselben, doch nimmt letzterer schliesslich auch den Farbstoff auf. Die Kyanophycinmassen halten denselben, wenn er einmal aufgenommen ist, sehr fest, so dass man leicht durch Auswaschen mit alaunhaltigem Wasser Präparate erhalten kann, bei welchem nur die Kyanophycinmassen gefärbt sind. Diese verhalten sich also in der That den Chromatinkörnern der Zellkerne höher organisirter Organismen in dieser Beziehung sehr ähnlich.

Andere Färbungen, als die mit Haematein-Ammoniak und Essigsäure-Karmen, sind weniger günstig, weil die Kyanophycinmassen nicht so schnell und intensiv gefärbt werden können, oder eingetretene Ueberfärbung nicht beseitigt werden kann, ohne dass auch die Kyanophycinmassen einen grossen Theil Farbstoff wieder abgeben. So wird Safranin aufgenommen, wenn man das Material 12—24 Stunden in mit Wasser stark verdünnte alkoholische Lösung legt. Mit Methylgrün, Fuchsin, Methylviolett, Anilinbraun und anderen Anilinfarben lassen sich die Kyanophycinmassen ebenfalls nach bekannten Methoden färben, doch eignen sich die Anilinfarben anscheinend

1) Hansgirg: *Physiol. und algologische Studien*, S. 9.

2) Schmitz: *Untersuchungen über die Structur des Protoplasmas und der Zellkerne in dem Sitzungsber. d. niederrhein. Gesellsch. in Bonn. 1880. S. 197.*

3) Strasburger: *Bot. Praktikum 1887, 2. Aufl., S. 340.*

4) O. Bütschli: *Ueber den Bau der Bacterien und verwandter Organismen. Leipzig 1890, S. 11.*

5) Vergl. über die von mir angegebene Methode der Färbung mit Haematein-Ammoniak, Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. 5, S. 363 Anmerkung,

wenig, um Reinfärbungen herzustellen. Ich gehe daher hier nicht weiter auf die von mir gemachten Versuche ein. Eosin wird aufgenommen, ist aber leicht wieder auszuwaschen, wässrige Congorothlösung liess dagegen die Krystalloide ganz ungefärbt.

Auf das Verhalten der Kyanophycinkörper gegen Salpetersäure, Schwefelsäure und Aetzkalilösung ist oben schon aufmerksam gemacht worden. Doch habe ich hier der gemachten Bemerkung einige genauere Angaben zuzufügen. Concentrirte Salpetersäure löst schnell und plötzlich unter bedeutender Quellung, aber ohne Gelbfärbung die Kyanophycinmassen der frischen Pflanze, langsam jedoch die des durch Alkohol oder Pikrinsäure fixirten Materiales. Bei letzterem waren grössere Krystalloide noch nach zwölfstündigem Liegen in concentrirter Salpetersäure erhalten, doch zeigten dieselben stets im Centrum einen Hohlraum, kleinere Krystalle waren jedoch ganz verschwunden, doch hatte auch bei diesen die Lösung in der Weise stattgefunden, dass der Kern zuerst gelöst worden war. Wurde frisches Material mit concentrirter Salpetersäure minutenlang behandelt, dann ausgewaschen und mit Essigsäure-Karmin gefärbt, so konnten nur selten noch Reste der Kyanophycinkörper nachgewiesen werden, dagegen färbte sich der übrige Inhalt der Zellen intensiver mit Essigsäure-Karmin, als bei vorher nicht mit Salpetersäure behandeltem Material. Es scheint danach das Kyanophycin noch als solches in der Zelle vorhanden gewesen zu sein, wahrscheinlich durch die Essigsäure in feiner Vertheilung niedergeschlagen, und diese Niederschläge durch Karmin gefärbt worden zu sein. Wurde jedoch frisches Material längere Zeit (stundenlang) mit concentrirter Salpetersäure behandelt, so fand die intensive Rothfärbung des protoplasmatischen Zellinhalts nicht mehr statt. Die Kyanophycinlösung war also entweder aus den Zellen herausdiffundirt, oder aber zersetzt worden. Verdünnte Salpetersäure löst die Kyanophycinkörper langsamer, sowohl bei frischem, wie fixirtem Material. Gegen Salzsäure verhalten sich die Kyanophycinmassen sehr ähnlich wie gegen Salpetersäure. Concentrirte Salzsäure löst dieselben aber schneller. 0,2% Salzsäure schien mehrere Tage lang keine Einwirkung mehr auf fixirtes und frisches Material auszuüben, doch waren sämmtliche Kyanophycinmassen verschwunden, nach dem sie etwa 6 Wochen in derselben gelegen, während die Chromatophorfibrillen noch erhalten waren. Schwefelsäure löst die Kyanophycinmassen augenblicklich, zweifellos unter Zersetzung der Substanz. In künstlichem Magensaft fand ich die Kyanophycinmassen sowohl von frischem, wie mit Alkohol fixirtem Material nach eintägiger Einwirkung anscheinend unverändert vor, doch ist anzunehmen, dass sie bei längerem Liegen in demselben verdaut worden wären, da ja schon 0,2% Salzsäure allein die Fähigkeit besitzt, sie zu lösen. Verschieden verdünnte und concentrirte Kochsalzlösung bewirkt Quellung, und wenn dieselbe mehrere Tage auf die Kyanophycinmassen einwirkt, auch Lösung derselben, doch werden die von fixirtem Material sehr schwer gelöst. Käufliches Eau de Javelle löst die Kyanophycinmassen,

ebenso auch, wie schon oben erwähnt, Actzkalilösung concentrirt und stark verdünnt, unter Quellungserscheinungen, doch erfolgt auch hier die Lösung bei fixirtem Material langsamer, ja bei mit Kupfersulfat fixirtem Material konnte ich keine baldige Lösung in Actzkalilösung beobachten. Chloralhydratlösung löst sogleich die Kyanophycinmassen frischen Materials, die von fixirtem aber schwerer und langsamer, besonders von mit Pikrinsäure fixirtem. Aehnlich verhält sich Natriumacetatlösung, doch löst sie langsamer unter Quellungserscheinungen. In Ammoniak sind die Kyanophycinmassen nicht oder nur sehr schwer löslich. Nach mehrwöchentlichem Liegen von frischen *Tolypothrix*fäden fand ich einzelne Kyanophycinkörner noch erhalten. Die Kyanophycinmassen sind ausserdem nicht löslich in Alkohol, Schwefeläther, Schwefelkohlenstoff, mit Essigsäure angesäuerter Ferrocyaniumlösung, Kupfersulfatlösung und in kalter Dinatriumphosphatlösung, während in kochender concentrirter Lösung des letzteren sie langsam löslich sind. In Essigsäure sind sie ebenfalls unlöslich, doch quellen sie in concentrirter etwas.

Wenn auch die hier mitgetheilten Reactionen nicht ganz übereinstimmen mit den für die Nucleine angegebenen, und die Kyanophycinsubstanz weder mit diesen, noch mit dem Chromatin der Zellkerne höherer Pflanzen, noch mit dem Pyrenin, dem Bestandtheil der Nucleolen nach Frank Schwarz¹⁾, identificirt werden kann, so dürfte doch eine diesen verwandte Substanz im Kyanophycin vorliegen, trotzdem ausser der Jodreaction keine allgemeine Proteinreaction glücken will. Ich bin also mit Bütschli²⁾ der Ansicht, dass die Kyanophycinkörner den körnigen Bestandtheilen der Kerne höherer Organismen entsprechen und dieselben vertreten, wenn sie auch aus einer anderen Substanz bestehen. Eine makrochemische Untersuchung des Kyanophycins wird erweisen, ob dasselbe den unlöslichen Nucleinen F. Miescher's³⁾, mit welchem es die meisten Reactionen gemein hat, zuzuweisen ist oder nicht. Sicherlich aber haben wir es hier weder mit Paramylum, wie Cohn⁴⁾ und Hansgirg⁵⁾ glaubten annehmen zu können, noch mit irgend einem anderen Kohlenhydrate zu thun. Schon die Erzeugung desselben innerhalb des Centralkörperfadens, der doch, wenn er auch nicht mit den Zellkernen höherer Organismen zu identificiren ist, sicher dieselbe Rolle hier spielt, macht es un Wahr-

1) Vergl. Fr. Schwarz: Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas in F. Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen Bd. V, 1887, besonders S. 184 u. 185 und S. 227 u. 229.

2) O. Bütschli: Ueber den Bau der Baeterien und verwandter Organismen, Leipzig 1890, S. 37.

3) F. Miescher: Die Spermatozoen einiger Wirbelthiere in Verh. d. naturf. Ges. in Basel, Bd. VI, 1874, S. 138—208.

4) F. Cohn, Beiträge zur Physiologie der *Phycocchromaceen* und *Florideen* aus M. Schultze's Archiv für mikr. Anatomie. Bd. III, 1867, Separatabdruck S. 29.

5) Hansgirg, Physiol. u. algol. Studien S. 9.

scheinlich, dass ein Kohlenhydrat vorliegt. B. Frank¹⁾ hat den Nachweis geführt, dass der Erdboden für sich allein den atmosphärischen Stickstoff nicht in Stickstoffverbindungen überführen kann und dass, wenn solches eintritt, es nur geschieht durch niedere Algen (und zwar besonders *Phycochromaceen*), die sich in demselben entwickeln und die Fähigkeit besitzen, freien atmosphärischen Stickstoff zu vegetabilischen Stickstoffverbindungen zu assimiliren. Da die Stickstoffmenge, welche durch die Algen dem Boden zugeführt wird, nicht unbedeutend ist, so muss man doch wohl annehmen, dass stickstoffhaltige Verbindungen in irgend welcher auffallender Weise in den betreffenden Algen in Erscheinung treten. Die Kyanophycinkörper bilden nun aber höchst auffallende Inhaltsbestandtheile, und so gelangt man zur Vermuthung, dass sie die Stickstoffspeicher sind. Eigenthümlich ist es aber doch, dass bei vielen *Phycochromaceen* und *Bacterien* eine Ueberproduction von Kyanophycin häufig stattfindet und dass dieselben sogar an „Kyanophycinose“ zu Grunde gehen können. Fast in jedem längere Zeit wuchernden *Phycochromaceen*rasen oder *Phycochromaceen*-lager finden sich zahlreiche an dieser Krankheit zu Grunde gegangene Zellindividuen vor. Prantl²⁾, welcher übrigens bezweifelt, dass man bei den *Phycochromaceen* von Assimilation freien Stickstoffes sprechen darf, und die Stickstoffquelle für die Pflanzen in dem bei der Verdunstung des Wassers entstehenden Ammoniumnitrit sucht, bringt die aus seinen Versuchen sich ergebende ausgiebigere Leistungsfähigkeit des *Nostoc* (*Anabaena* incl.) in Verbindung mit der Symbiose dieser *Phycochromaceen* mit anderen Pflanzen, wie *Blasia*, *Anthoceros*, *Azolla*, *Gunnera*, *Cycas* und fährt dann fort: „Für den insbesondere von Janczewski angenommenen Parasitismus des *Nostoc* liegt ein thatsächlicher Anhaltspunkt eigentlich nicht vor. Vielmehr spricht für die Deutung, dass umgekehrt die Lebermoose aus der Anwesenheit des *Nostoc* Nutzen ziehen, die bekannte Thatsache, dass die charakteristische Ausbildung der Höhlungen, sowie die Entwicklung der mit den *Nostoc*schnüren sich durcheinanderschlingenden Haare nur durch die Anwesenheit von *Nostoc*, aber nicht jene anderer Eindringlinge hervorgerufen wird. Für *Azolla* spricht bereits Strasburger die Vermuthung aus, dass die *Nostoc*schnüre den Blättern der *Azolla* in ihrer Assimilationsarbeit behilflich seien. Es liegt nahe, in jenen Haaren von *Blasia*, *Anthoceros* und *Azolla* Organe zu erblicken, welche aus dem *Nostoc* Substanzen aufnehmen, und diese Substanzen dürften in den vom *Nostoc* aus dem freien Stickstoff (vielleicht indirect durch Ammoniumnitrit) bereiteten Stickstoffverbindungen zu erblicken sein, welche der das *Nostoc* beherbergenden Pflanze zu Gute kommen. Auch bei Ansiede-

1) B. Frank: Ueber den experimentellen Nachweis der Assimilation freien Stickstoffs durch erdbewohnende Algen. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch. XII. Jahrg. 1889, S. 34–42.

2) Prantl: Die Assimilation freien Stickstoffes und der Parasitismus von *Nostoc* in der „Hedwigia“, 1889, S. 135 u. 136.

lung von voluminösen Flechten, wie z. B. *Collema multifidum*, auf nacktem Gestein dürfte jene Thätigkeit des *Nostoc* eine wesentliche Rolle spielen; indess finden sich unter den gleichen Bedingungen auch andere durch *Chlorophyceen*¹⁾ ernährte Flechtenformen, für welche die einschlägigen Verhältnisse näher zu prüfen sind.“

Ich habe der vorstehenden Aeußerung von Prantl hinzuzufügen, dass ich die in *Azolla* eingewanderte *Anabaena*, sowie viele als Gonidien für Flechten dienende *Phycochromaceen* stets sehr arm an Kyanophycinmassen gefunden habe. Es scheint mir diese Thatsache meine Ansicht zu bestätigen, dass in den Kyanophycinmassen der Stickstoff aufgespeichert ist. Bei den in Symbiose lebenden *Phycochromaceen* kommt es zu einer solchen Aufspeicherung desselben nicht, da er von den die Symbiose theilenden Pflanzen jenen sehr bald entzogen wird. Die *Phycochromaceen* würden also nicht nur als Raumparasiten Vortheil ziehen, sondern auch durch ihre Beherberger vor dem Untergange an Kyanophycinose geschützt sein.

Zacharias hat Beobachtungen gemacht über das Auftreten der Kyanophycinkörner bei unter verschiedenen Verhältnissen gemachten Culturen, besonders einer *Oscillaria*. Derselbe hat gefunden, dass das Vorhandensein oder Fehlen und die Quantität der Kyanophycinkörner durch die Art der Cultur bedingt seien. Derselbe legte belichtete und verdunkelte Culturen von *Oscillaria* sp. an, beide zum Theil bei Zimmertemperatur (während der Wintermonate), zum Theil im Wärmeschrank bei 30° C., noch andere im Warmhaus. Die Fäden waren zu Beginn der Versuche meist reich an Centralsubstanz (d. h. also an Kyanophycinkörnern im Innern des centralen Knäuels) und enthielten mehr oder weniger (Kyanophycin-) Körner in ihren Zellen (d. h. in den sich abwickelnden und lockernden Theilen des Centralkörpers). Die Culturen zeigten nun nach einiger Zeit folgendes Verhalten: „In den belichteten Culturen hatten sich die Fäden allseitig ausgebreitet, in den verdunkelten nicht. Sie hatten hier vielmehr im Wesentlichen die Lage beibehalten, welche ihnen zu Anfang des Versuches ertheilt worden war. Die verdunkelten Culturen waren reich an Centralsubstanz, die belichteten frei davon, Körner fehlten, einen Fall ausgenommen, in den belichteten Warmhausculturen, hingegen waren

¹⁾ Bei *Diatomeen*, *Flagellaten* (*Euglena*, *Leptocyclis*, *Trachelomonas*, *Chilomonas*, *Cryptomonas* etc.), in einer Fadenalge (*Stigeoclonium* oder nahe Verwandte) und in einem feinen Pilzmycel aus Sumpfwasser fand Bütschli (a. angeg. Ort S. 30) ähnlich wie die Kyanophycinkörper der *Phycochromaceen* reagirende Körner im Körperplasma. Ich kann das häufige Vorkommen sowohl von eckigen Körnern, also vermuthlich Krystallen, wie auch amorphen Massen einer sich mikrochemisch sehr ähnlich wie das Kyanophycin verhaltenden Substanz bei *Diatomeen* bestätigen, auch bei *Hydrodictyon* habe ich ähnliche Körper im Zellplasma einmal bemerkt. Es ist anzunehmen, dass diese Massen, welche vielleicht indirect aus dem Zellkern stammen, auch bei den *Chlorophyceen* weiter verbreitet sind und dass dieselben vielleicht eine der des Kyanophycin ähnliche Rolle spielen. Jedenfalls ist bei Flechten bildenden *Chlorophyceen* nach solchen zu suchen.

die belichteten Zimmerculturen reich daran.“ In vielen Fällen bildeten hier die Körner einen sehr wesentlichen Bestandtheil der Gesamtmasse der Fäden. Dabei hatten sich die an den Querwänden angesammelten Körner zu grösseren unregelmässig gestalteten Massen vereinigt. In den Dunkenculturen war eine merkliche Veränderung des Körnergehaltes nicht nachzuweisen.“ Ich habe zwar zur Zeit ähnliche Versuche wie Zacharias noch nicht angestellt, aber doch eine mehr zufällige Beobachtung gemacht. Ich fand nämlich, dass, während des Winters längere Zeit in Flaschen von weissem Glase eingesetzte und im Lichte dicht am Fenster im Zimmer cultivirte *Phycochromaceen* im Allgemeinen arm an Kyanophycingehalt waren, dass dagegen zur selben Zeit in flachen, unbedeckten Schalen ebendasselbst cultivirte, — wobei das Material zum Theil den Flaschenculturen entnommen worden war, — in verhältnissmässig kurzer Zeit reich an Kyanophycin wurden. Die Flaschen waren nicht völlig mit Wasser gefüllt und enthielten also etwas Luft. Ein Theil war leicht mit Kork oder Baumwolle verschlossen, ein anderer Theil aber offen. Aus dieser Beobachtung in Combination mit den Beobachtungen von Zacharias schliesse ich nun, dass die Ablagerung von Kyanophycin in den Zellen zwar durch das Licht gehindert oder doch verzögert wird, insofern durch die im Licht sich abspielenden oder doch durch dasselbe angeregten chemischen Prozesse jedenfalls die gebildete Kyanophycinsubstanz wieder verbraucht wird, dass jedoch ein bedeutender Stickstoffgehalt der Luft, wie er sich in bewohnten Zimmern findet, trotz der Lichtwirkung die *Phycochromaceen* zu reichlicher Kyanophycinablagerung veranlasst. Die in offenen Schalen der Zimmerluft ausgesetzten *Phycochromaceen* hatten bessere Gelegenheit, den Stickstoff der Zimmerluft aufzunehmen, als die in den Flaschen untergebrachten, in welchen zwar etwas Luft vorhanden war, aber kaum ein häufiger Wechsel derselben stattfand und auch, — darauf ist noch besonders aufmerksam zu machen, — das Wasser nicht oder doch nur sehr wenig verdampfte. Bei den von Zacharias angelegten belichteten Warmhausculturen fehlten die Kyanophycinkörner oder waren doch selten, desswegen, weil einerseits die Wachstumsprocesse, durch welche das Kyanophycin verbraucht wurde, zweifellos im Warmhaus reger war, auf der anderen Seite aber auch der Stickstoffgehalt vermuthlich geringer, als im Zimmer.

Ich muss hier noch auf zwei Thatsachen aufmerksam machen, die mir bei der Musterung der *Phycochromaceen* aufgefallen sind. Die eine ist die, dass sich in einem meiner Culturegefässe eine Form von *Tolypothrix Aegagropila* einfand, welche im Centrankörperfaden kleine orangegelb gefärbte Kyanophycinkristalle (vergl. Fig. 26) zeigte. Die betreffenden Fäden waren ziemlich gleichmässig ausgestaltet, zeigten meist zu dichtem Knäuel verschlungenen Centrankörperfaden und waren durchaus lebenskräftig. Viele ihrer Zellen befanden sich in Theilung. Das Culturegefäss, ein Fläschchen mit weiter Oeffnung, hatte lange an einem Fenster gestanden, ohne dass es jedoch directe Sonnenstrahlen bekommen hatte. Der

gelbe Farbstoff löste sich in Alkohol, Aether und Schwefelkohlenstoff. Weiteres habe ich über denselben nicht erforschen können, da das Material zu spärlich war. Die zweite Thatsache, welche ich zu bemerken Gelegenheit hatte, ist folgende: In vielen *Chroococcaceen*, besonders aber auch bei den untersuchten Arten der Gattung *Chroococcus* selbst und bei *Gloecapsa*, ferner von fadenförmigen *Phycchromaceen* bei *Oscillarien* habe ich wiederholt schön hellgrüne oder auch bisweilen dunkel olivengrüne bis fast bräunliche oder schwärzliche, das Licht aber stark brechende Massen bemerkt, welche bisweilen eckig, also den Kyanophycinkristallen ähnlich, meist jedoch unregelmässig gestaltet oder amorph waren. Diese Massen fanden sich sowohl in den Zellen, und zwar dann zwischen Centalkörper und der Rindenschicht, oder in letztere eingelagert, oder noch häufiger als fleckiger Ueberzug über den protoplasmatischen Zellkörper zwischen diesem und der Zellmembran vor. Bisweilen war im letzteren Falle deutlich zu bemerken, dass der protoplasmatische Körper der betreffenden Zelle sich contrahirt hatte. Die Massen waren dann auch im Profil deutlich sichtbar und traten als abgerundete Tropfen oder in traubigen Formen vor (m. in Fig. 14). Leider habe ich auch noch keine Erfahrungen über die Reactionen, welche diese Massen zeigen, gesammelt. Nur so viel kann ich sagen, dass sie sich mit den von mir angewendeten Farbstofflösungen nicht färbten und sehr widerstandsfähig gegen Lösungsmittel sind. Diese Massen werden von den Zellen der *Chroococcaceen* gelegentlich, bei dem Verjüngungsact, wenn die Zelle aus der Membran ausschlüpft, ausgeschieden, vermuthlich auch wohl zwischen eine neu gebildete und die alte Membran gelagert. Auffallend war es mir, dass fast alle Zellen, welche grössere Massen dieser Substanz ausserhalb des protoplasmatischen Körpers aufwiesen, ausserordentlich arm an Kyanophycinkörnern waren (vergl. Fig. 14). Ich vermüthe daher, dass es sich hier um ein Ausscheidungsproduct handelt, das aus übermässigem Kyanophycingehalt hervorgegangen ist. Freilich müsste man annehmen, dass das Kyanophycin nicht als solches ausgeschieden, sondern in eine andere Substanz verwandelt würde, oder dass das Kyanophycin in zwei Stoffe zerspalten und der eine davon abgeschieden würde. Vielleicht vermögen *Chroococcaceen* und solche fadenförmige *Phycchromaceen*, welche keine Grenzzellen und überhaupt keine Ablagerungsorte für das Kyanophycin besitzen, sich auf die geschilderte Weise ihres Ueberflusses zu entledigen.

Schliesslich möge hier noch erwähnt werden, dass ich nicht nur, wie oben erwähnt, bei degenerirten Zellen in der grünen Rindenschicht, sondern im übrigen Zellplasma, besonders zwischen der Rindenschicht und dem Centalkörper, aber auch zwischen den Fadentheilen des letzteren Vacuolen auch bei ganz lebenskräftigen Zellen gefunden habe.

Breslau, Februar 1892.



Figurenerklärung.

Die Figuren 1—7 und 11 sind mit Zuhilfenahme des Zeichenprismas, die andern freihändig entworfen, möglichst genau nach den Originalen.

Tafel XVII.

Fig. 1 bis 10. *Glaucocystis Nostochinearum* Itzigsohn.

- Fig. 1. Einzelne Zelle, bei welcher die Chromatophoren spinnenbeinartig geordnet sind. Bei **n** der Zellkern. Vergr. $\frac{720}{1}$.
- Fig. 2. Vierzellige Familie, aus Zellen, deren Chromatophoren spinnenbeinartig vertheilt sind, gebildet. Vergr. $\frac{720}{1}$.
- Fig. 3. Einzelne Zelle, bei welcher die Chromatophoren von zwei ringförmigen sich gegenüberliegenden Stellen von der Vacuole ausstrahlen. Bei **n** der Zellkern. Vergr. $\frac{720}{1}$.
- Fig. 4. Einzelne Zelle, bei welcher die mehr oder weniger verhältnissmässig kurzen, hin- und hergeschlängelten Chromatophoren unregelmässig vertheilt in der der Zellwand anliegenden Protoplasmaschicht liegen. Bei **n** der Zellkern. Vergr. $\frac{720}{1}$.
- Fig. 5. Familie, von acht jungen Zellen gebildet, bei welchen die verhältnissmässig kurzen und mehr oder weniger geschlängelten Chromatophoren unregelmässig vertheilt in der der Zellwand anliegenden Protoplasmaschicht liegen. Vergr. $\frac{720}{1}$.
- Fig. 6. Junge Familie, aus zwei Zellen gebildet. Vergr. $\frac{720}{1}$.
- Fig. 7. Aeltere in der Vermehrung begriffene Zelle nach einem mit Essigsäurekarmin gefärbtem Präparat. Bei **n** die vier Zellkerne. Vergr. $\frac{720}{1}$.
- Fig. 8 und 9. Zellkerne, mit Essigsäure-Karmin gefärbt. Vergr. etwa $\frac{2800}{1}$.
- Fig. 10. Chromatophoren, mit Essigsäure-Karmin gefärbt. Vergr. etwa $\frac{1500}{1}$.
- Fig. 11 bis 14. *Chroococcus tenax* Hieron. Fig. 11. Achtzellige Colonie nach dem Leben. Vergr. $\frac{720}{1}$.
- Fig. 12. Einzelne Zelle aus einer Colonie mit sehr grossem Centralkörper, dessen äussere Fadenlagen sehr reich an Kyanophycin-Körnern, und sich abzuwickeln im Begriff sind. Die Chromatophorfibrillen sind in der Figur weggelassen. Nach mit Essigsäure-Karmin gefärbtem Präparat. Vergr. etwa $\frac{3300}{1}$.
- Fig. 13. In Theilung begriffene Zelle aus einer Colonie. Die Chromatophorenfibrillen sind nicht mit eingetragen. Der Centralkörper besteht aus verhältnissmässig wenigen Fibrillen, welche ziemlich grosse Körner führen und zum Theil vom Knäuel etwas abgewickelt sind. Zur Vollendung der Theilung der Zelle fehlt nur noch die Durchschnürung des centralen

Fibrillen-Knäuels. Nach mit Essigsäure-Karmin gefärbtem Präparat entworfen. Vergr. etwa $\frac{3300}{1}$.

- Fig. 14. Einzelne Zelle aus einer Colonie nach mit Essigsäure-Karmin gefärbtem Präparat. Die Chromatophorenfibrillen sind weggelassen. Der Centraikörper bildet einen dichten, abgerundeten Fadenknäuel, der nur sehr winzige Kyanophycinkörner führt und vermuthlich sich seines Kyanophycingehaltes entledigt hat. Reste desselben liegen aussen am protoplasmatischen Körper in Form von sehr stark glänzenden, schön grün gefärbten Massen (m). Vergr. etwa $\frac{3300}{1}$.
- Fig. 15. *Haplosiphon hormioides* Rabenh. Fadeneude, aus drei Zellen bestehend, nach mit Essigsäure-Karmin gefärbtem Präparat. Die Chromatophorenfibrillen sind nicht eingezeichnet. In den Zellen a und b bilden die Centraikörperfibrillen dichte Knäuel. Die Zelle c ist in Folge allzugrossen Kyanophycingehaltes abgestorben oder im Absterben begriffen gewesen. Vergr. etwa $\frac{3300}{1}$.

Tafel XVIII.

- Fig. 16 bis 19. *Aphanocapsa* spec. Vergr. $\frac{3300}{1}$.
- Fig. 16. Zelle nach etwa 24 stündigem Liegen in etwa 6% Kochsalzlösung. Sowohl die in Spiralen die Zelle umgebende Chromatophorenfibrille war deutlich zu erkennen, wie auch der aus einem hin- und hergewundenen Faden bestehende Centraikörper.
- Fig. 17. Aehnliche Zelle fixirt und die Kyanophycinkörner mit Essigsäure-Karmin gefärbt. Das Chromatophor ist weggelassen.
- Fig. 18 und 19. Zwei Zellen ebenso, in Theilung. Das Chromatophor ist weggelassen.
- Fig. 20 bis 22. *Aphanothece* spec. Vergr. etwa $\frac{3300}{1}$.
- Fig. 20. Eine Zelle nach Behandlung mit etwa 6% Kochsalzlösung während etwa 24 Stunden. Im Chromatophor ist anscheinend nur eine die Zelle in einer Doppelspirale umgebende Fibrille vorhanden.
- Fig. 21 und 22. Zwei Zellen nach mit Essigsäure-Karmin gefärbtem Präparat. Das Chromatophor ist weggelassen. Der aus sicher nur einem Faden bestehende Centraikörper liegt verschiedenartig verschlungen in der Mitte der Zellen.
- Fig. 23. *Phormidium curvatum* (syn. *Lyngbya curvata* Rabenh., *Siphoderma* und *Oscillaria curvata* Kütz.). Fadeneude ohne Scheide. Die Zellen a und b an der Spitze zeigen den Charakter des Chromatophors nach Behandlung mit etwa 6% Kochsalzlösung während ungefähr 24 Stunden. Die Zellen c bis f sind nach mit Essigsäure-Karmin gefärbten Präparaten c und d eines und desselben Fadens, e und f aus zwei anderen Fäden ausgewählt entworfen. e zeigt die Zelltheilung bei ziemlich dicht knäuelartig zusammengewickeltem Centraikörperfaden, f dagegen bei sehr gelockertem Centraikörperfaden. Vergr. etwa $\frac{3300}{1}$.
- Fig. 24 und 25. *Oscillaria tenerrima* Kütz. Vergr. $\frac{3300}{1}$.
- Fig. 24. Fadeneude nach mit Essigsäure-Karmin gefärbtem Präparat. Die Zellen a, b und c sind ohne Chromatophor gezeichnet, in der Zelle d ist dasselbe angegeben. a, b und c zeigen den zu einem Knäuel zusammengewickelten Centraikörperfaden, der wenig Kyanophycinkörner enthält. Die Zelle e ist in Theilung begriffen.

- Fig. 25. Theil eines anderen Fadens der Alge. Die Zellen sämmtlich ohne Einzeichnung des Chromatophors. In der Zelle **a** und **b** enthält das äussere der Querwand anliegende Centralfadenende grössere Kyanophycinkristalle (vermuthlich Trapezoeder), bei der Zelle **c** sind im Centralkörper dagegen ähnliche kleinere Krystalloide und zwei grössere vorhanden, von welchem die letzteren deutlich Würfelform erkennen liessen.
- Fig. 26. *Tolypothrix Aegagropila* Kütz. starke Form. Die Figur zeigt in den Zellen **a** und **b** das Chromatophor nach Behandlung mit etwa 6% Kochsalzlösung. Die grüne Farbe ist jedoch der Deutlichkeit wegen bei Weitem stärker aufgetragen, als wie in Natur die Fibrillen gefärbt sind. In die Zelle **c** ist das Chromatophor nicht eingezeichnet. Dieselbe zeigt den durch einen orangegelben (Phycocyanin?) Farbstoff bei der lebenden Alge schon gefärbten Centralkörper, dessen Faden wie die in den übrigen Zellen einen dichten Knäuel bildete. Vergr. $\frac{3.300}{1}$.
- Fig. 27 bis 31. *Tolypothrix tenuis* Kütz. var. *palescens* Rabenh. Sämmtliche Figuren sind nach mit Essigsäure-Karmin gefärbten Präparaten entworfen. Vergr. etwa $\frac{3.300}{1}$.
- Fig. 27. Ganz junger Faden aus einer alten Scheide. Derselbe besteht aus vier Zellen. Die Zelle **a** ist die am freien Fadenende befindliche, die Zelle **z** war vermuthlich bestimmt, zur Grenzzelle zu werden. Das Chromatophor ist überall weggelassen. Der Centralkörper befindet sich in verschiedenem Zustande in den Zellen.
- Fig. 28. Freies Fadenende. Das Chromatophor ist nur in der Zelle **f** eingezeichnet, und zwar nur die vordere Hälfte desselben, der Centralkörper in **f** weggelassen. In den Centralkörpern der Zellen **a b c** und **e** finden sich grössere Kyanophycin-Krystalloide, welche deutliche Würfel sind, davon in **b** ein durch Octaederflächen enteckter. Ausserdem sind, wie auch in Zelle **d**, überall im Centralfaden noch rundliche Krystalle zahlreich vorhanden.
- Fig. 29. Zwei Zellen aus der Mitte eines lebenskräftigen Fadens mit mehr oder weniger dichtem Centralfadenknäuel. Das Chromatophor ist nicht eingezeichnet.
- Fig. 30. An Kyanophycimose zu Grunde gehende oder bereits gegangene Zelle aus einem Faden, dessen Zellen sämmtlich dieselbe Beschaffenheit zeigten. Nur in wenigen derselben waren noch Reste des Chromatophors vorhanden.
- Fig. 31. Ende eines lebenskräftigen Fadens mit einer Grenzzelle **b** und einer vegetativen Zelle **a**. Sämmtliche vegetative Zellen des Fadens hatten die Beschaffenheit der Zelle **a**, in welcher nur der Centralkörper eingezeichnet ist, welcher aus einem sehr langen dünnen und kyanophycinarmen Kernfaden bestand, der bei **a** etwas in der Abwicklung begriffen ist. In dem Halse der Grenzzelle **b** hat sich bei **z** eine grössere amorphe Kyanophycin-Masse gesammelt. Der Tüpfelkanal zu **a** ist geschlossen. Ausserdem ist in die Grenzzelle nur noch der Centralkörper eingezeichnet.

2.



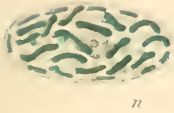
1.



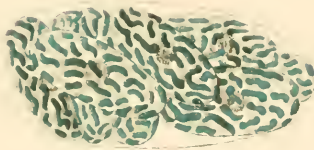
3.



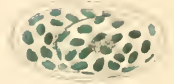
4.



5.



6.



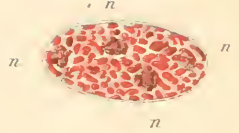
10.



11.



7.



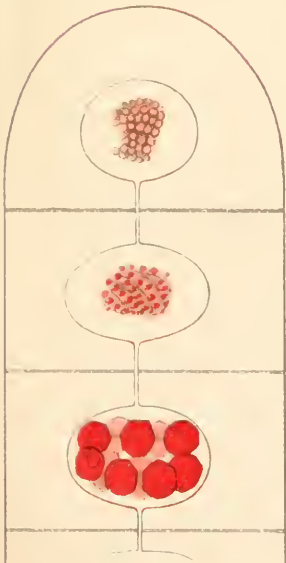
8.



9.



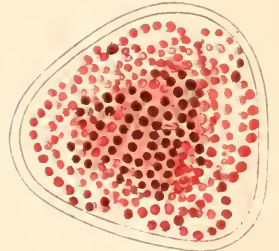
15.



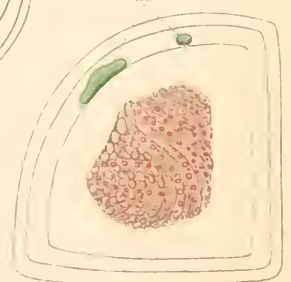
13.



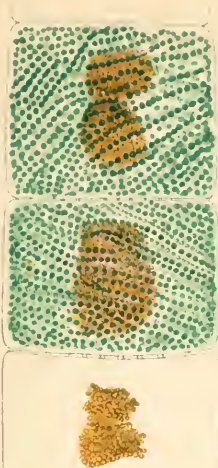
12.



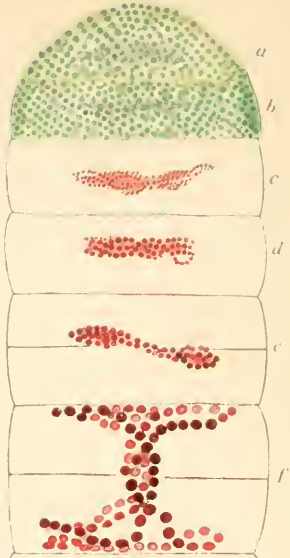
14.



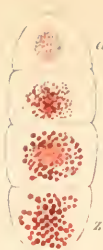
26.



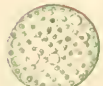
23.



a
b
c



16.



17.



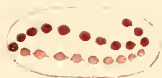
18.



19.



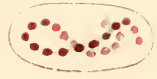
22.



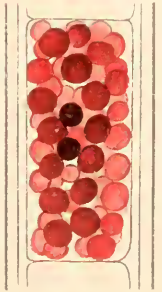
20.



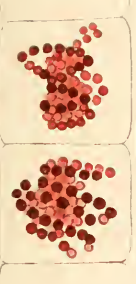
21.



30.



29.



31.



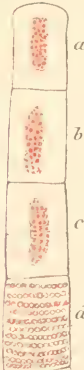
a
b

28.



a
b
c
d
e
f

24.



25.



z

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Beiträge zur Biologie der Pflanzen](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [5_3](#)

Autor(en)/Author(s): Hieronymus Georg Hanns Emmo Wolfgang

Artikel/Article: [Beiträge zur Morphologie und Biologie der Algen
461-595](#)