

Zur Frage nach der Organisation der *Cyanophyceenzelle* u. nach der mitotischen Teilung ihres Kernes.

Von

F. G. Kohl (Marburg).

Da sich erfahrungsgemäß umfangreiche Monographien nicht mit der Schnelligkeit verbreiten, welche man des Inhalts wegen oft wünschen könnte, und da in diesen Beiheften Bd. XV. „Morphologisch - physiologische Betrachtungen über *Cyanophyceen*“ von Brand zum Abdruck eingesandt wurden, als das Manuskript meines Buches „Über die Organisation und Physiologie der *Cyanophyceenzelle* und die mitotische Teilung ihres Kernes“ (Gustav Fischer, Jena. Mit zehn lithographischen Tafeln.) abgeschlossen und abgesandt war, ich aber diese in vielen Punkten interessante Abhandlung nur in einer nachträglich angehängten kurzen Bemerkung berücksichtigen konnte, halte ich es für angezeigt, über die Resultate meiner Untersuchungen hier in Kürze zu berichten und auf einige Differenzen zwischen den Angaben Brands und den meinigen hinzuweisen. Ich habe auf der Naturforscherversammlung in Kassel, Ende September, Gelegenheit genommen, meine Auffassung über die Organisation der *Cyanophyceenzelle* in einem Vortrage auseinanderzusetzen und die diesbezüglichen Mitteilungen durch mikroskopische Dauer-Präparate und Tafeln zu illustrieren.

Auf Grund meiner an zahlreichen *Cyanophyceen*, wenn auch vorwiegend an *Tolypothrix*, *Anabaena*, *Nostoc* und *Oscillaria*, angestellten Untersuchungen bin ich zu folgenden Resultaten gelangt, deren ausführliche Begründung in meinem Buche zu finden ist:

Der Protoplast der *Cyanophyceenzelle* weicht prinzipiell in seiner Organisation nicht oder nur unwesentlich von dem anderer Pflanzenzellen ab. Er besitzt einen Kern, den man bisher Zentralkörper nannte, und peripherisches Cytoplasma mit Chromatophoren. Der Kern ist stets in der Einzahl vorhanden und erweist sich als selbständiges Organ des Protoplasten. Er nimmt vorwiegend das Zentrum der Zelle ein, kann aber gelegentlich durch Zellsaftvakuolen beiseite gedrängt und dann selbst wandständig werden (Dunkelkulturen). Der Kern besteht aus einer relativ wenig färbbaren Grundmasse, in welche eine ge-

wisse Farbstoffe (Haematoxylin, Methylenblau etc.) stärker speichernde chromatische Substanz eingelagert ist. Die Kernmembran ist nicht deutlich differenziert oder kann wenigstens nicht deutlich sichtbar gemacht werden. Der Kern enthält außerdem wechselnde Mengen von Zentralkörnern, welche bei *Tolypothrix* nur in ihm vorkommen, niemals außerhalb desselben im Cytoplasma; vermutlich werden sie auch bei allen anderen *Cyanophyceen* dieselbe Lage haben. Von den Kernen höherer Organismen unterscheidet sich der *Cyanophyceen*-Zellkern außer durch das Fehlen einer deutlich färbbaren Kernmembran noch durch den Mangel von Nukleolen und durch seine häufig absonderliche Gestalt. Die periphere Masse des Kerns ist vielfach in feine Ausstrahlungen zerteilt, welche von verschiedener Dicke sind und häufig mit ihren äußeren Enden die Zellwand erreichen. Immer verdünnen sich die Ausstrahlungen nach außen; nicht selten liegen in ihnen Zentralkörner, welche alsdann Anschwellungen der Strahlen hervorrufen können. Durch viele, aber nicht alle Fixierungsmittel und sonstige Reagentien werden die Kerne zum Einziehen der Ausstrahlungen veranlaßt.

Das Cytoplasma enthält außer dem Kern und den Chromatophoren noch Cyanophycinkörner, Fetttröpfchen, Glykogen und Vakuolen.

Die Chromatophoren sind sehr klein und bei *Tolypothrix* rundlich bis ellipsoidisch. Trotz ihrer geringen Größe kann man sie nach einiger Übung häufig in der intakten Zelle deutlich sehen, immer aber nach Anwendung gewisser Reagentien (Millonsches Reagens, Ameisensäure, Zimmtaldehyd, Salizylaldehyd, Ferrocyankalium und Essigsäure etc.) Mit Säure-Fuchsin-Anilinwasser, nach der Methylenblau-Jod-Methode etc., lassen sich die Chromatophoren gut färben. Da außerhalb der Chromatophoren das Cytoplasma und alle seine Einschlüsse ungefärbt sind, so müssen die Farbstoffe, welche die *Cyanophyceen* in wechselnden Mengen stets nebeneinander enthalten, in diese winzigen Chromatophoren eingelagert sein, das Chlorophyll (im engeren Sinne), das Karotin und das Phykocyan. Diese drei Teilfarbstoffe sind in wechselnden Mengen bei den verschiedenen *Cyanophyceen*-Arten gemischt, wodurch die mannigfaltigen Farbenüancierungen bei den verschiedenen Vertretern dieser Algengruppe entstehen. Die Absorptionsspektren dieser Teilfarbstoffe liefern zusammen in jedem einzelnen Falle das Gesamtabsorptionsspektrum des Algenfadens. Es bietet keine besonderen Schwierigkeiten, diese Farbstoffe zu isolieren und kolorimetrisch die relativen Quantitäten zu bestimmen. Nach meinen vorläufigen Messungen und Berechnungen dürften die Chromatophoren von *Tolypothrix* die Größe von 0,5—0,6 μ nicht sehr überschreiten, ihr Durchmesser ist also nur halb bis ein Drittel so groß wie derjenige der Zellkerne von *Phycomyces nitens*-Hyphenzellen, welche bekanntlich schon durch ihre Kleinheit von den Kernen anderer Pflanzen und Pflanzenorgane abweichen. Nehmen wir den Durchmesser der Kerne im Embryosack von *Lilium Martagon*

im Mittel mit 25μ an, so würde hiernach der Durchmesser eines *Tolypothrix*-Chromatophoren nur $\frac{1}{50}$ davon betragen. Ich bin übrigens eben damit beschäftigt, intakte *Tolypothrix*-Zellen und Quer- und Längsschnitte durch dieselben zu photographieren unter Anwendung von aufs genaueste bestimmten Mikroskop- und Kamera-Vergrößerungen und werde an der Hand derselben in der Lage sein, genaue Angaben über die Größenverhältnisse der einzelnen Organe der Zelle machen zu können. Die regelmäßige Nebeneinanderlagerung der Chromatophoren von *Tolypothrix*, welche das Cytoplasma in relativ dünnen Lamellen zwischen sich lassen, kann die Vorstellung eines wabigen Baues des Protoplasten erwecken. Dieser scheinbare Wabenbau würde in vielen Fällen noch feiner gefügt aussehen, als Bütschli angibt und abbildet (so z. B. bei den in Fig. 12 und 13 der seinem Vortrag beigegebenen Tafel abgebildeten Oscillarien). Die Weite der Waben in Fig. 17 (dickfädige Oscillarie) würde ungefähr den Durchmesser eines *Tolypothrix*-Chromatophoren um das Doppelte übertreffen, da bei Bütschli auf den Zelldurchmesser etwa 14 Waben, nach meinen Messungen aber etwa 14 Chromatophoren und 14 dazwischen liegende Cytoplasmalamellen kommen.

Als Assimilationsprodukt ist das Glykogen aufzufassen, jedenfalls ist Stärke nicht nachzuweisen; das Glykogen verschwindet in Dunkelkulturen allmählich, um beim Belichten wieder zu erscheinen. Es scheint nicht innerhalb der Chromatophoren zu liegen, sondern im Cytoplasma unsichtbare Vakuolen zu erfüllen.

Die Cyanophycinkörner sind ausschließlich dem Cytoplasma einverleibt, oft gehäuft in der nächsten Umgebung des Zellkerns; sie stellen Reserveeiweiß dar. Bei besonders flott verlaufender Zellteilung kommen sie nicht zur Ausbildung oder werden rasch verbraucht, sie fehlen daher meist in den Zellen gegen das Fadenende hin. Ausnehmend groß sind sie unter anderem bei *Nostoc* und *Anabaena* und in den Gonidien von *Peltigera canina*, bei welchen die Zentralkörner dagegen an Größe meist zurücktreten. In Dunkelkulturen von *Tolypothrix* verschwinden die Cyanophycinkörner nach und nach, am Lichte erscheinen sie oder vermehren resp. vergrößern sie sich wieder. Trotzdem liegt kein hinreichender Grund vor, die Cyanophycinkörner als Assimilationsprodukt (Palla) aufzufassen.

Die Zentralkörner sind ausschließlich im Zentralkörper placiert. Sie dürften einen eiweißartigen Schleim darstellen und ähneln in weitgehendstem Maße sowohl in ihrem chemisch-physikalischen als ihrem tinktionellen Verhalten den Volutanskugeln gewisser Bakterien und kugligen Gebilden im Protoplasten vieler Algen. Sie enthalten aber bei *Tolypothrix* außerdem einen Stoff, der sich mit Chlorzinkjod blauschwarz färbt und Pektinsubstanzen. Der Zentralkörper ist selten vollkommen frei von Zentralkörnern; am häufigsten fehlen dieselben den gegen das Fadenende hin liegenden Zellen. Da ich den Zentralkörper für den echten Zellkern halte, liegt hier ein besonderer Fall der Stoffspeicherung

im Zellkern vor. Auch in Teilung befindliche Kerne enthalten sehr häufig Zentralkörner, welche dann zwischen den Chromosomen deutlich sichtbar sind. Der Gehalt an Zentralkörnern ist vielfach, wie zu erwarten war, von äußeren Bedingungen abhängig; so scheinen, soweit ich diesen Punkt bis jetzt übersehe, starke Belichtung, höhere Temperatur etc. denselben zu vermindern, Verdunkelung, niedere Temperatur etc. zu erhöhen.

Die Zellen der *Cyanophyceen* sind stets umhütet, niemals nackt; auch die Hormogonien besitzen Membranen. Die meist sehr dünnen Membranen der vegetativen Zellen und die Scheiden sind nicht kutikularisiert, sondern bestehen, wie aus ihrem chemischen Verhalten hervorgeht, größtenteils aus Chitin; daneben ist Cellulose und Pektin vorhanden. Gegen die Kutikularisierung spricht außerdem das optische Verhalten von Membran und Scheide sowie das tinctionelle. Die Heterocysten-Membran dagegen besteht vorwiegend aus Cellulose, wenn sie von Kupferoxydammoniak auch nicht vollständig gelöst wird. Die Schleim- und Gallerthüllen vieler *Cyanophyceen* enthalten Pektinstoffe, und zwar die jüngsten, innersten Schichten am meisten, womit in Zusammenhang stehen dürfte, daß die letzteren sich vielfach mit gewissen Farbstoffen am intensivsten färben.

Der Zentralkörper der *Cyanophyceen*-Zelle ist ein Kern und wird als solcher durch folgendes charakterisiert. Vor der Teilung nimmt die Menge färbbarer Substanz (Chromatin) zu; es wird ein Kernfaden sichtbar; dieser zerfällt in Segmente (Chromosome) von bestimmter Zahl, welche sich in gesetzmäßiger Folge und in typischer Weise umformen und umlagern und in äquivalenten Mengen in polarer Richtung auseinanderweichen, um die beiden Tochterkerne bilden zu helfen.

Bei der Teilung des Zellkerns der *Tolypothrix*-Zelle werden folgende Stadien durchlaufen:

1. Stadium. Knäuelform. Spirem. Der dicke Kernfaden durchzieht in Windungen den Kern.
2. Stadium. Die Chromosomen, 4—6 an Zahl, liegen parallel der Zellachse im Umfang des Kerns; mitunter sind die Chromosomen nach der Mitte zu etwas nach außen bauchig gekrümmt, so daß sie ein tonnenartiges Gebilde formieren. Ich nenne dieses Stadium „hohe Äquatorialplatte“.
3. Stadium. Die Chromosomen krümmen sich mit ihren Enden nach außen und nähern sich mit den Mittelteilen einander.
4. Stadium. Dyaster. Bildung der Tochterchromosomen. Die Chromosomen zerfallen an dem am weitesten nach innen liegenden Punkte in zwei Hälften, von denen die oberen nach oben, die unteren nach unten ausspreizen. Der mittlere Teil des Kerns ist stark verschmälert und eingeschnürt. Die Zellscheidewand springt ringförmig

ins Zellumen weiter und weiter vor, ohne jedoch jemals die Kernperipherie zu erreichen. Innerhalb der eingeschnürten Partie konnte ich bei geeigneter Fixierung und Färbung faserige Strukturen erkennen, welche ich vorläufig als Spindelfasern anspreche. Diese Fasern bleiben häufig auch noch im nächsten, 5. Stadium sichtbar.

5. Stadium. Die Tochterchromosomen richten sich parallel unter sich und parallel zur Zellachse. Die neue Scheidewand schließt sich.
6. Stadium. Die Tochterchromosomen vereinigen sich zum Tochterkernfaden, Dispirem.

Ich hebe hier noch ganz besonders hervor, daß ich von einer Längsspaltung der Chromosomen bis jetzt niemals etwas gesehen habe; ich glaube nicht, daß dies an einer unzureichenden Präparations- und Färbetechnik gelegen hat, denn ich sah die Chromosomen scharf tinktionell differenziert; wäre die Längsspaltung wirklich vorhanden, so würde ihr wohl auch hier, wie sonst, eine entgegengesetzt gerichtete Bewegung der Längshälften folgen, die mir wohl nicht hätte entgehen können. Die Querteilung sieht man deutlich vor sich gehen, sollte sie hier die Längsteilung substituieren? Es will mir scheinen, als ob die Karyokinese der *Cyanophyceen* einige Anklänge zeigte an die der *Valonia* unter den *Siphoneen*, wie sie Fairchild beschreibt. Auch bei dieser Alge konnte der genannte Autor eine Längsspaltung der Chromosomen nicht beobachten und nach seinen Figuren ist sie auch unwahrscheinlich. Auf eine zweite Übereinstimmung will ich dabei noch aufmerksam machen, welche mir aufgefallen ist: das Erhaltenbleiben der Kernmembran, welches Fairchild bei *Valonia* konstatierte. Während sonst die Kernmembran während der Karyokinese zu verschwinden pflegt, persistiert sie hier. Nun ist zwar bei *Tolypothrix* und anderen *Cyanophyceen* die Kernmembran nicht deutlich nachzuweisen, aber ihre Anwesenheit sogar während der Karyokinese muß man aus der mehr oder minder scharf bleibenden Abgrenzung des Kerns vom umgebenden Cytoplasma folgern. Da man bei unzureichender Färbung von den Chromosomen nichts sieht, kann dann der ganze Teilungsprozeß einige Ähnlichkeit mit fragmentativer Teilung haben. Dieser irrigen Interpretation wird jedoch sofort der Boden entzogen, wenn man nach gelungener Tinktion die der Einschnürung stets vorausseilenden regelmäßigen Verlagerungen der chromatischen Teile sich vollziehen sieht. Die Anhäufung der chromatischen Substanz ist am Ende des Prozesses eine polare und an beiden Polen quantitativ gleiche. Während die Einschlüsse der Zellkerne sonst im Verlauf des Teilungsprozesses ins Cytoplasma ausgestoßen zu werden pflegen, häufig auch schon vorher verschwinden, verbleiben dieselben hier häufig auch während der Teilung im Kern; dies gilt hier besonders von den Zentralkörnern, welche man daher oft in der Nähe der

Chromosomen antrifft; sie gelangen meist in ungleichen Mengen in die Tochterkerne.

Manche der erwähnten Abweichungen, welche sich im Verlauf der karyokinetischen Kernteilungen bei den *Cyanophyceen* geltend machen, scheinen mit der Schnelligkeit zusammenzuhängen, mit welcher sich bei diesen Organismen die Zellteilungen abspielen; der Kern kommt hier kaum jemals zur Ruhe; kaum sind die Tochterkerne gebildet, so beginnen sie sich auch schon wieder zu teilen. Es muß daher von Interesse sein, Formen mit langsamer sich teilenden Zellen aufzusuchen und die Teilungsvorgänge an ihnen zu untersuchen.

Die Heterocysten der *Cyanophyceen* entstehen aus vegetativen Zellen nach Verschuß der Tüpfel durch besondere Verschußkörper; sie verwachsen mit der Scheide. Alle Organe ihres Protoplasten sowie dessen Einschlüsse desorganisieren und zersetzen sich bis zum vollkommenen Verschwinden. Während dieses Zerfalls der Inhaltsbestandteile und vermutlich auf Kosten derselben wachsen die Heterocysten noch eine Zeitlang, bilden eine oft ziemlich dicke Cellulosemembran aus und erzeugen eine Zellsaftvakuole, welche den vegetativen Zellen meist fehlt. Kern und Chromatophoren, Zentral- und Cyanophycinkörner verschwinden allmählich. Bei den umscheideten *Cyanophyceen* dürften die Heterocysten als Widerlager für den im übrigen frei in der Scheide gleitenden Faden bei der Hormogoniengeburt und bei der Verzweigung des Fadens dienen. Aus beliebigen vegetativen Zellen bilden sich häufig sog. Konkavzellen heran. Der gesamte Inhalt verfällt einem Verschleimungsprozeß, infolge dessen auch hier Kern und Chromatophoren sowie alle Granulationen nach und nach verschwinden, sodaß der Inhalt schließlich meist glasartig klar und homogen erscheint; nur bisweilen enthalten einzelne Konkavzellen später körnige Einschlüsse und zeigen auch sonst noch einzelne Abweichungen. Die plan-, bi- oder konvexkonkave Gestalt dieser Zellen ist Folge der Druckwirkungen vonseiten der Nachbarzellen während ihrer Bildung. Auch die Membran dieser Zellen nimmt an der Verschleimung teil; sie wird dabei auffallend permeabel für die verschiedensten Substanzen. Die Konkavzellen zeichnen sich daher durch eine auffallende Fähigkeit, rasch und ausgiebig Farbstoffe zu speichern, vor allen übrigen Zellen des Fadens aus. Die Funktion der Konkavzellen halte ich für eine zweifache: sie ermöglichen einerseits die Zerlegung des Algenfadens, dessen Stücke entweder einfach weiter wachsen oder als Hormogonien ausgestoßen werden; andererseits sind sie Zentren von Zersetzungs-(Verschleimungs-) Prozessen, welche zur Erweichung der Scheide führen und den seitlichen Hormogonienaustritt oder das Durchbrechen des Fadenendes nach außen bei der Verzweigung möglich machen. Zum Zweck der physiologischen Isolierung derjenigen Zellen, welche zu Heterocysten werden sollen, werden die Tüpfel derselben durch besondere Verschußkörper verstopft, welche in ihrem chemischen und tinktionellen Verhalten in auffallender Weise mit den

Cyanophycinkörnern übereinstimmen, wenn auch gewisse Differenzen nicht zu verkennen sind, z. B. in bezug auf die Konsistenz, die Verschlusskörper bestehen aus einer weichen Masse. Alle Zellen des *Tolypothrix*-Fadens stehen miteinander durch Plasmodesmen in Kommunikation. Jede Tüpfelhaut wird, wie es scheint, immer nur von einer Plasmaverbindung im Zentrum durchbohrt. Das Anlagern von Verschlusskörpern an einer oder an beiden Seiten der Tüpfelhaut ist ohne Einfluß auf die Plasmaverbindung. Durch die Ausbildung einer vegetativen Zelle zur Konkavzelle wird dieselbe dagegen beiderseits aus dem Verbinde gelöst, die Plasmaverbindungen der Konkavzellen verschwinden beiderseits, während die der Heterocysten persistieren oder nur da verschwinden, wo eine Konkavzelle angrenzt. Die Tatsache, daß die Heterocystenprotoplasten trotz Bestehenbleibens ihrer Plasmaverbindungen durch die Auflagerung der Verschlusskörper aus dem Stoffverkehr mit den Nachbarzellen vollkommen ausgeschaltet werden, denn die Heterocysten entnehmen trotz Bedarfes nie etwas von den Reservestoffen der Nachbarzellen, dürfte dafür sprechen, daß eben dieser Stoffaustausch ausschließlich diosmotisch durch die Tüpfelmembran hindurch, nicht aber durch Vermittelung der Plasmodesmen sich vollzieht, letztere vielmehr allein im Dienste der Reizleitung stehen.

Brand widmet in seiner oben angeführten Abhandlung ein Kapitel den Spaltkörpern, welche ich, da mir der Inhalt der Brandschen Arbeit erst nach Abschluß meines Manuskriptes bekannt wurde, mit dem Namen „Konkavzellen“ belegt habe wegen ihrer charakteristischen Form. Ich glaube nicht, daß die Unterscheidung zwischen Spaltkörpern und Nekriden im Sinne Brands aufrecht zu erhalten ist. Bei *Tolypothrix* ist die Entstehung aller hierhergehörigen Gebilde sicherlich dieselbe, gleichgiltig wie diese am Ende aussehen; es handelt sich immer um desorganisierte Zellen, in keinem Falle um die Ausscheidung einer interzellularen Substanz. Daher denn auch die Schwierigkeit, bei dieser Alge zwischen Nekriden und Spaltkörpern zu unterscheiden, welcher Brand selbst in den Worten Ausdruck verleiht: „Ein Umstand, welcher die Aufklärung dieser Verhältnisse sehr erschwerte, besteht darin, daß gelegentlich auch Nekriden die Funktion der Spaltkörper übernehmen können, und daß auch diese in einem gewissen Stadium in grüner Farbe erscheinen. Es scheint eben hier die von den benachbarten Zellen ausgeschiedene Interzellulärsubstanz in die Nekriden (!) überzugehen, statt sich selbständig auszugestalten“. Es ist nicht zulässig, einerseits die Nekriden als durch „körnigen oder krümeligen Inhalt“ (p. 52) ausgezeichnet hinzustellen und sie andererseits mit den gerade durch ihre glasartige Homogenität auffallenden „anneaux blancs“ und „anneaux de matière réfringente“ zu identifizieren, wie es Brand (p. 50) tut. Es ist Brand die vollständig gleiche Entstehungsweise beider von ihm unterschiedenen Gebilde entgangen, und es liegt kein Grund vor, letztere durch eine besondere Benennung voneinander zu unter-

scheiden, um so weniger als man unzählige Zwischenformen antrifft; wollte man sie dennoch auseinanderhalten, dann müßte es auf andere Weise geschehen als Brand will, denn die Unklarheit seiner Unterscheidung tritt eben schon hervor bei dem Versuche, die bei *Tolypothrix* und anderen *Cyanophyceen* so massenhaft auftretenden „anneaux blancs“ einzuordnen. Ihrer Entstehung nach müßte sie Brand zu seinen Nekriden zählen, ihres vollständigen Mangels an körnigem Inhalt wegen aber zu seinen Spaltkörpern.

Wende ich mich nunmehr zu dem, was Brand über die Heterocysten mitteilt. Einen Plasmaaustritt aus der Heterocyste habe ich weder auf natürlichem noch auf künstlichem Wege jemals beobachtet; darin stimme ich Brand vollkommen bei, daß interkalar gebildete und innerhalb der Scheide keimende Hormogonien, besonders wenn diese selbst sich mit einer scheidenartigen, dicken Membran umgeben haben, einer im ersten Stadium der Keimung begriffenen Grenzzelle, wenn es eine solche gäbe, sehr ähnlich aussehen müßte, besonders wenn die Verschlusskörper undeutlich wären. Vorläufig habe ich aber allen Grund, nicht an eine Heterocystenkeimung zu glauben, schon deshalb nicht, weil eben das Primäre bei der Bildung der Heterocysten der Tüpfelverschluß ist, weil darauf sehr bald und ganz regelmäßig die fortschreitende Desorganisation des Kernes und des gesamten Inhalts der Heterocysten mit Vakuolenbildung beginnt. Aus diesem auffallend reduzierten Inhalt der Heterocysten können niemals neue Zellen hervorkeimen, und es ist mir auch niemals unter den Tausenden von Fäden, die ich von *Tolypothrix* untersucht habe, einer vorgekommen, auf dessen Heterocysten die von Brand für möglich gehaltene Auffassung anwendbar gewesen wäre. Infolge der von mir eingehend verfolgten und ausführlich beschriebenen Entstehungsweise der Heterocysten kann ich aber dieselben auch nicht als Reservestoff-Behälter ansprechen, denn sie entstehen, indem sie sich nach außen abschließen, oder nachdem sie sich gegen ihre Nachbarzellen abgeschlossen haben, und verbrauchen die Zersetzungsprodukte ihres Inhalts ausschließlich für sich, teils zu ihrer eigenen Vergrößerung, teils zur Verdickung ihrer Membranen. Ich muß inbezug auf die Genesis der Heterocysten besonders bei *Tolypothrix*, auf die Entstehung der Verschlüsse und den chemischen Nachweis der Wandlungen des Zellinhalts, auf die Membranverhältnisse und endlich auf die Funktion der Grenzzellen auf die ausführlichen Auseinandersetzungen und Angaben in meiner oben genannten Schrift hinweisen. Es muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, die erwünschte vollkommene Klarheit in die mannigfaltigen, sonderbaren Erscheinungen der nach verschiedenster Richtung hochinteressanten Algengruppe zu bringen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [BH_18_1](#)

Autor(en)/Author(s): Kohl Friedrich Georg

Artikel/Article: [Zur Frage nach der Organisation der Cyanophyceenzelle u. nach der mitotischen Teilung ihres Kernes. 1-8](#)