

58. R. Kolkwitz: Ueber die Krümmungen und den Membranbau bei einigen Spaltalgen.

Mit Tafel XXII.

Eingegangen am 21. October 1897.

Im 14. Bande (1896) dieser Berichte¹⁾ habe ich eine Reihe von Beobachtungen an Oscillarien mitgetheilt, auf welche CORRENS²⁾ in einer gleichfalls in unseren Berichten veröffentlichten Arbeit näher eingegangen ist. Unsere thatsächlichen Beobachtungen begegnen sich in wesentlichen Punkten, aber nicht ihre Deutungen. Ich will im Folgenden auseinander zu setzen suchen, wie weit ich z. Th. nach Fortsetzung meiner Untersuchungen mit CORRENS übereinstimmen kann und in welchen Hinsichten ich von ihm abzuweichen gezwungen bin.

Zunächst pflichte ich CORRENS darin bei, dass die von mir beschriebenen Krümmungen nicht spontan sind, sondern dem Algenfaden durch Ankleben am Substrat aufgenötigt werden, dass also jeder Oscillarienfaden ein starres Gebilde ist und sich nicht von selbst zu krümmen vermag. Die Erscheinung, welche ich mit der revolutionen Nutation bei Schlingpflanzen verglichen habe, ist wie beschrieben vorhanden, aber nicht spontan.

Es ist richtig, dass die hohe Elasticität der Oscillarienmembran starke Krümmungen zu Schleifen und Windungen zulässt, ohne dass der Faden einknickt. So kann man z. B., wie ich fand, eine *Spirulina Jenneri* Kg. mit den beiden Enden festtrocknen lassen und das dazwischen liegende, feucht gehaltene Stück mit Hülfe einer Nadel solange ausziehen, bis die Windungen fast vollständig verschwunden sind; beim Loslassen schnellt der Faden in seine alte Lage zurück, und die Schraubenwindungen nehmen unbeachtet der erheblichen Deformation ihre frühere Form wieder an.

Wenn ein etwa rechtwinklig gebogener Faden von *Oscillaria* (l. c. Taf. XXIV, Fig. 6) mittels einer Nadel vom Objectträger gelockert wird, so streckt er sich wieder mehr oder weniger gerade und kriecht unter Beibehalten dieser neuen Gestalt weiter.

Nachdem ich mich davon überzeugt hatte, dass die Oscillarien thatsächlich keine Selbstflexibilität besitzen, wünschte ich die Bewegungen

1) R. KOLKWITZ, Ueber die Krümmungen bei den Oscillariaceen. Ber. der Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. XIV (1896) S. 422.

2) CORRENS, Ueber den Bau und die Bewegung der Oscillarien. Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. XV (1897) S. 139.

von *Beggiatoa mirabilis* Cohn mit ihren, wie schon der Name sagt, wunderbaren Schleifenbildungen und peristaltischen Verkrümmungen aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Herr Prof. Dr. REINKE war so freundlich, mir das zur Untersuchung erforderliche Material aus dem Kieler Hafen gütigst zu übersenden.

Bekanntlich hat COHN¹⁾ im Jahre 1867 diese Alge zum ersten Mal beschrieben und ihre seltsamen Krümmungen sehr anschaulich dargestellt.

Meine Untersuchungen ergaben bald, dass auch hier bei *Beggiatoa mirabilis* keine Spontaneität der Krümmungen besteht, so überraschend diese Behauptung jedem, der die Bewegungen dieser Alge zum ersten Mal sieht, anfänglich auch erscheinen mag.

Die in den Figuren 1 und 2 auf Tafel XXII abgebildeten Fäden sind nach der Natur photographirt worden. Algenfäden von der in Fig. 2 dargestellten Form können mit einer Nadel vom Objectträger abgelöst werden, worauf die Schlingen sich sehr bald ausgleichen und der Faden sich vollständig gerade streckt. Dasselbe gilt von dem in Fig. 1 abgebildeten Faden; selbst die Stellen, welche während der Krümmung eingeknickt waren, glätteten sich wieder; nur manchmal blieb eine kleine Falte. Manche Fäden bestehen aus Zellen mit vorgewölbten Wänden; an den Krümmungsstellen sind in diesem Falle, wie leicht begreiflich, die Vorwölbungen an der concaven Seite stärker als an der convexen (vergl. Fig. 3).

Wegen der zarten Wände, welche *Beggiatoa mirabilis* besitzt, giebt jedes kleine Steinchen oder Schlammpartikelchen, welches der Alge in den Weg kommt, Anlass zu Krümmungen; so wird es ohne Weiteres verständlich, dass bei mehrfach wiederholter Hemmung der Faden schliesslich die Form eines Knäuels annehmen muss. Da nun *Beggiatoa* bekanntlich am liebsten im schmutzigen Wasser lebt, wird man zahlreiche Exemplare finden, welche ein solches Haufwerk bilden.

Ich cultivirte die Alge deshalb auch in reinem Seewasser und fand jetzt fast nur noch gerade gestreckte Fäden, welche sich geradlinig fortbewegten.

Man wird also nach dem oben Gesagten *Beggiatoa mirabilis* Cohn in Zukunft nicht mehr als Beispiel eines selbstbiegsamen Zellfadens anführen können.

Die von mir l. c. Taf. XXIV Fig. 2 bis 5 abgebildeten Krümmungen an den Enden der Fäden von *Spirulina Jenneri* Kg. lässt CORRENS durch den Widerstand des Wassers zu Stande kommen. In diesem Punkte kann ich ihm aus weiter unten zu erörternden Gründen nicht beipflichten.

1) COHN, Beiträge zur Physiologie der Phykochromaceen und Florideen. SCHULTZE's Arcluv für mikroskopische Anatomie, Bd. 3, 1867, S. 53.

Auf S. 423 hatte ich ganz kurz beschrieben, wie bei einer vorwärts schwimmenden *Spirulina* sehr oft das vorangehende Ende zur Seite gekrümmt ist und dementsprechend bei der Bewegung im Kreise herumgeführt wird. Beginnt dann der Faden nach einiger Zeit in entgegengesetzter Richtung zu kriechen, so streckt sich das bisher vordere Ende wieder gerade und das andere, nunmehr vorangehende, weist eine Krümmung auf.

CORRENS erklärt sich das Zustandekommen und Verschwinden dieser Krümmungen in der Art, dass die jeweilig nach vorn gerichtete Spitze des Fadens wegen der Biegsamkeit desselben durch den entgegenwirkenden Widerstand des Wassers zur Seite gebogen wird, was um so leichter eintreten soll, als eine kleine fixirte Krümmung schon vorhanden sei. Eine am hinteren Fadenende befindliche Krümmung erfährt durch dieselbe Kraft naturgemäss eine Abschwächung. Gegen diese Erklärung sprechen folgende Versuche und Beobachtungen:

1. Ein Faden von *Spirulina Jenneri* Kg., der aus 52 Windungen bestand, zeigte am vorderen Ende eine Krümmung von ca. 45° , auf welche 10 Windungen entfielen. Mit einer Nadel nach der entgegengesetzten Richtung durch das Wasser gezogen, blieb die Krümmung unverändert und wurde nicht ausgeglichen, obwohl ich den Faden viel schneller fortbewegte, als er selbst sonst vorwärts schwimmt.

2. Bei einem anderen Faden waren 18 Windungen frei, 10 hafteten dem Substrat an. Nach einiger Zeit hielt er mit seiner drehenden Bewegung inne, ohne dass das gekrümmte Ende, welches frei in das Wasser hineinragte, seine Biegung änderte.

3. Von einem Faden mit 57 Windungen hafteten 37 an, während 20 frei waren. Diese bildeten eine starke Krümmung am hinteren Ende. Nach dem Ablösen mittels einer Nadel behielt der Faden seine Gestalt bei und nach dem Herabsinken schwamm wie vorher das ungekrümmte Ende nach vorn, das stark gekrümmte befand sich dagegen hinten und blieb dort unverändert längere Zeit.

4. Ein Faden von 25 Windungen bewegte sich ohne jede Krümmung vorwärts. Nach dem Loslösen vom Objectträger blieb er gerade und setzte nachher seine Bewegung wie vorher ohne Krümmung fort. Es giebt also auch Beispiele, wo von Anfang an keine noch so geringe bleibende Krümmung vorhanden ist.

5. Ein Faden von 80 Windungen war bis auf die 10 ersten vorangehenden gerade. Nach dem Abtrennen vom Substrat verstärkte sich die Krümmung, so dass nach wieder erfolgtem Ankleben 30 Windungen frei waren.

Mithin sind die Ursachen, welche die Krümmung verstärken und abschwächen, nicht in dem Widerstande des Wassers zu suchen.

Ähnliche Beobachtungen lassen sich auch an den Arten der Gattung *Oscillaria* anstellen. Das Auftreten der Biegung am vorderen und ihr Verschwinden am hinteren Ende ist keine allgemein gültige Regel, wie die wenigen hier angeführten Thatsachen zur Genüge lehren.

Ich habe mehrfach Spirulinen beobachtet, welche die mannigfachsten Krümmungen innerhalb einer halben Stunde ausführten, wenn auch wegen der stärkeren Membran lange nicht in so ergiebigem Maasse wie *Beggiatoa mirabilis*. Diese Krümmungen traten bald in der Mitte, bald am Ende auf, und doch schnellte der Faden nach dem Lostrennen von der Unterlage immer in die gleiche Gestalt zurück.

Offenbar ergibt sich damit der wahre Sachverhalt von selbst. Die meisten Oscillariaceen leben gesellig zu Lagern vereint bei einander; das fortgesetzte Bewegen aller Individuen unter beschränkten Raumverhältnissen verbunden mit der klebrigen Beschaffenheit ihrer Oberfläche bringt es mit sich, dass viele Fäden in eine mehr oder weniger ausgesprochene Zwangslage kommen, welche bei längerer Dauer zu bleibenden Krümmungen führt. Jeder Faden, welcher gerade bleibt, wird sich unter Beibehalten dieser Gestalt auch ohne jede Krümmung vorwärts bewegen, die anderen dagegen, welche leicht oder stark gebogen sind, kriechen gerade gestreckt nur dann weiter, wenn sie für einige Zeit in ihrer ganzen Länge am Substrat festkleben. Wenn die elastische Kraft der Zellwand die Adhäsion zwischen Faden und Substrat überwindet, so löst sich das Fadenende ab und beginnt die bekannte Bewegung in der Bahn eines Kegelmantels.

Man darf die hier besprochenen Krümmungen nicht mit den kurzen charakteristischen, schwach hakenförmigen Biegungen¹⁾ an den Enden mancher Oscillarien (z. B. *leptotricha* Kg. und *subfusca* Vauch.) verwechseln. Hier handelt es sich um Specieseigenthümlichkeiten, welche z. Th. zur Diagnose verwendet werden. Der Radius dieser Krümmungen ist auch für gewöhnlich um ein Vielfaches kleiner als derjenige der oben geschilderten. Es kommt wohl auch nicht vor, dass dieses Häkchen durch Ankleben am Substrat zeitweise ausgeglichen wird. Zerschneidet man einen solchen Faden, so sind die aus seinem mittleren Theil entstandenen Stücke natürlich einstweilen frei von allen Krümmungen.

Die reichliche Absonderung von Schleim während der Bewegung kann ich unter anderem für *Oscillaria princeps* Vauch. bestätigen.²⁾ Um die Schleimscheide besonders deutlich zu machen, setzte ich dem

1) cf. MAURICE GOMONT, Monographie des Oscillariées (Lyngbyées). Ann. d. sc. nat., 7. série, vol. 16 (1892), planche 5, figg. 21, 22, planche 6, figg. 10, 11, planche 7, figg. 17, 18, 19.

2) Auf den Bewegungsmechanismus will ich in dieser Arbeit nicht eingehen.

Präparat sauerstoffempfindliche Bacterien zu. Dieselben schossen lebhaft auf die assimilirende Alge zu und blieben an deren Schleimmantel in Menge kleben. Der Faden hinterliess dann eine oft mehrere Millimeter lange, deutliche Kriechspur, welche namentlich nach Zusatz von Jodlösung sehr deutlich hervortrat. (Vergl. Fig. 4).

Ueber die Membranstructur, zu der ich mich jetzt wende, habe ich 1896 wegen ihrer Feinheit nicht völlig in's Klare kommen können. Mir lag damals *Oscillaria maxima* Kg., die stärkste bekannte Oscillarie vor. Nach brieflicher Mittheilung des Herrn P. RICHTER in Leipzig sind *Oscillaria maxima* Kg. und *princeps* Vauch. zwei verschiedene Species, nicht allein der Dicke wegen ($60\ \mu : 30\ \mu$), sondern vorwiegend wegen der schlafferen Consistenz der Fäden von *Oscillaria maxima* Kg. und der Verschiedenheit bezüglich des Standortes.

Vielleicht hatte CORRENS vorwiegend *Oscillaria princeps* Vauch. zur Untersuchung benutzt, so dass der von ihm gemessene Neigungswinkel der Spiralstructur mit dem von mir angegebenen Werth nicht übereinstimmte.

Die Natur der Membranzeichnung blieb mir, wie gesagt, unklar. (S. 429). Ich konnte nur feine Pünktchen (Kügelchen) sehen (l. c. Figg. 13, 14), von denen ich nicht zu ermitteln vermochte, ob sie in der Membran oder an ihrer Oberfläche lagen. CORRENS spricht von Tüpfeln (l. c. S. 140), aus Gründen, welche er in einer späteren Arbeit zu veröffentlichen gedenkt.

Meine Meinung geht zur Zeit dahin, dass hier eine körnige Differenzirung der Membran vorliegt. Meine Bemühungen, die Fäden mit Anisoel zu überfluthen, um dadurch zu entscheiden, ob die Membran auf der Aussenseite eine Sculptur besitze, blieben erfolglos, weil die in physikalischer Beziehung überhaupt eigenthümlichen Zellhäute beim Zufügen von Alkohol schrumpften.

Es blieb also nichts weiter übrig, als in der Gruppe der Phycochromaceen nach ähnlichen Erscheinungen zu suchen, um durch vergleichende Studien der Lösung der Frage näher zu kommen.

Herr Prof. HIERONYMUS machte mich freundlichst auf die Gattung *Gloeocapsa* aufmerksam, für deren Studium ich werthvolles Material und dankenswerthe Rathschläge auch von Herrn EDUARD BORNET in Paris erhielt.

Eine Anzahl Species der farbenreichen Gattung *Gloeocapsa* zeichnet sich nämlich durch gekörnelte Membranen aus, welche z. B. bei *Gloeocapsa sanguinea* Kg. lebhaft an die Structur der mit Saffranin gefärbten Haut der Oscillariafäden erinnert. Aber diese Differenzirungen sind gröber und am natürlichen Object ohne Anwendung von Reagentien schon von etwa 400facher Vergrösserung an zu sehen.

Diese Identificirung der Membranstructur beider Algengattungen scheint mir lehrreich, wenn auch nicht beweisend, denn dazu müsste

man unter anderem Uebergänge von den gröberen zu den ganz feinen Structuren kennen.

Die schönsten Structuren besitzen unter der Gattung *Gloecapsa* die Arten *Ralfsiana* (Harv.) Kg., *sanguinea* Kg., *opaca* Naeg., *rupestris* Kg. und *alpina* Naeg.

In der Jugend sind die Membranen bei den von mir näher untersuchten Arten homogen, um erst später durch innere Differenzirung eine körnige Structur anzunehmen. Ein Blick auf die Figg. 5, 6 und 7 lässt diese Verhältnisse leicht erkennen.

Liegen die Körnchen auch an der Oberfläche der Alge wie in Fig. 7, so erinnert das Ganze an eine warzige Pilzspore¹⁾, besonders bei *Gloecapsa rupestris* Kg. Ueberhaupt zeichnet sich diese letztgenannte Art durch eine sehr grobe Structur aus. Zerdrückt man eine grosse, aus mehreren hundert Zellen bestehende Kolonie, so gewähren die herausgepressten Tochterindividuen, welche farblose Membranen besitzen, ein Bild wie in Fig. 8. Nach Zusatz von concentrirter Schwefelsäure werden die Körnchen frei, weil sie der Lösung länger als die übrigen Theile der Zellhaut widerstehen.

Die Membranen der Oscillarien scheinen entsprechend der Structur in Bezug auf Permeabilität inhomogen zu sein. Einige nachstehend angeführte Beobachtungen lassen auf diese Verhältnisse mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen. Durchtränkt man einen Faden von *Oscillaria maxima* Kg. mit einer 10procentigen Kochsalzlösung und fügt dann alkoholische Carbolsäurelösung hinzu, so perlen an der Oberfläche des Fadens in dem Moment, wo die Carbolsäurelösung hinzutritt, unzählige kleine Emulsionströpfchen auf, welche rasch zu grösseren verschmelzen und dann sehr bald verschwinden, weil alkoholische Carbol-säurelösung und Salzwasser mischbare Flüssigkeiten sind. Ob die Tröpfchen entsprechend der Spiralstructur angeordnet sind, lässt sich nicht entscheiden, weil sie sich zu schnell wieder auflösen. An Leinewandfasern und Spirogyren habe ich auch Tröpfchenbildung beobachtet, an Menschenhaaren und an *Cladophora* aber nicht. Bei Leinewandfasern haben die Tröpfchen ganz verschiedene Grösse. Die Erscheinung tritt bei *Oscillaria maxima* auch dann auf, wenn das Plasma der Wand nicht anliegt.

Die geeignete Concentration der Carbolsäurelösung muss in jedem einzelnen Falle erst ausprobiert werden.

Will man bei Oscillarien von Tüpfeln oder Löchern sprechen, so meine ich, sind am ehesten schwarz erscheinende, punkt- und strichförmige Gebilde dafür anzusprechen, welche ich nur bei lebender *Oscillaria*

1) BORNET, Recherches sur les gonidies des Lichens. Ann. sc. nat., 5. série, Botanique, 1875, tome XVII, p. 75, pl. XVI, fig. 3.

ITZIGSOHN, Sitzungsberichte der Naturforschenden Freunde. 20. Juni 1875.

maxima Kg. dicht an den Querwänden gesehen habe.¹⁾ (Vergl. Fig. 9). Jedenfalls sind an diesen Stellen die Wände am wenigsten widerstandsfähig, denn lässt man das Wasser unter dem Deckglas verdunsten, so beginnt dieses auf den Faden zu drücken und zersprengt die Zellhäute dicht an den Querwänden (Fig. 10), wobei das Plasma austritt. Stellen wie bei *a*, wo die Zellhaut in der Mitte gesprengt wird, sind selten.²⁾

Um mit wenigen Worten noch der Schwimmfähigkeit der Oscillariaceen zu gedenken, will ich erwähnen, dass im Gegensatz zu den Untersuchungen von CORRENS an Oscillarien (l. c. S. 143 und 146) *Spirulina Jenneri* Kg. an der Oberfläche des Wassers, also gleichsam an der Wasserhaut hängend, zu schwimmen vermag. Ich müsste mich auch sehr täuschen, wenn schmale leichte Oscillarien (z. B. *limosa* Ag.) nicht kurze Zeit frei im Wasser schwebend sich vorwärts bewegen können.

In einer Gummi-arabicum-Lösung vom spezifischen Gewicht 1,067 kann sich *Spirulina* gerade noch schwebend erhalten. Es findet dabei Vorwärtsbewegung unter Drehen statt. In einem Tropfen reinen Wassers sinkt *Spirulina Jenneri* in höchstens 3 Secunden zu Boden.

Pflanzenphysiologisches Institut der Universität zu Berlin und Botanisches Institut der Kgl. Landwirthschaftlichen Hochschule.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. *Beggiatoa mirabilis* Cohn. Nach der Natur photographirt. Die Krümmungen des Fadens sind nicht spontan. Auf der concaven Seite ist der Faden eingeknickt. Dicke desselben 30 μ .
- „ 2. *Beggiatoa mirabilis* Cohn. Das durch eine Punktlinie bezeichnete Schlamm-partikelchen hält die Alge gekrümmt. Dicke des Fadens 27 μ . Nach einer Photographie.
- „ 3. *Beggiatoa mirabilis* Cohn. Ein Fadenstück mit tonnenförmig ausgebauchten Zellen. An der concaven Seite sind die Ausbauchungen stärker als an der convexen. Dicke des Fadens 38 μ . Nach einer Photographie. Die Krümmung ist nicht spontan.
- „ 4. *Oscillaria princeps* Vauch. Der Faden hat am hinteren Ende Schleim abgesondert, welcher durch Ankleben sauerstoffempfindlicher Bacterien deutlich gemacht wurde. Durch eine Schwenkung des Fadens hat sich der Schleim an einer Seite abgelöst. Dicke des Fadens 27 μ . Nach einer Photographie.
- „ 5. *Gloeocapsa alpina* Naeg.³⁾ Colonie mit körneliger Membran. Vergr. ca. 1500. Nach einer Photographie.
- „ 6. *Gloeocapsa alpina* Naeg.³⁾ Vergl. Fig. 5. Die jüngsten Membranen sind frei von Körnern.

1) Was GOMONT l. c. pl. 7 Fig. 3 z. B. abbildet, gehört natürlich dem plasmatischen Inhalt an.

2) Man vergleiche auch die Figurenerklärung zur Fig. 9 meiner früheren Arbeit.

3) Siehe Note auf Seite 467.

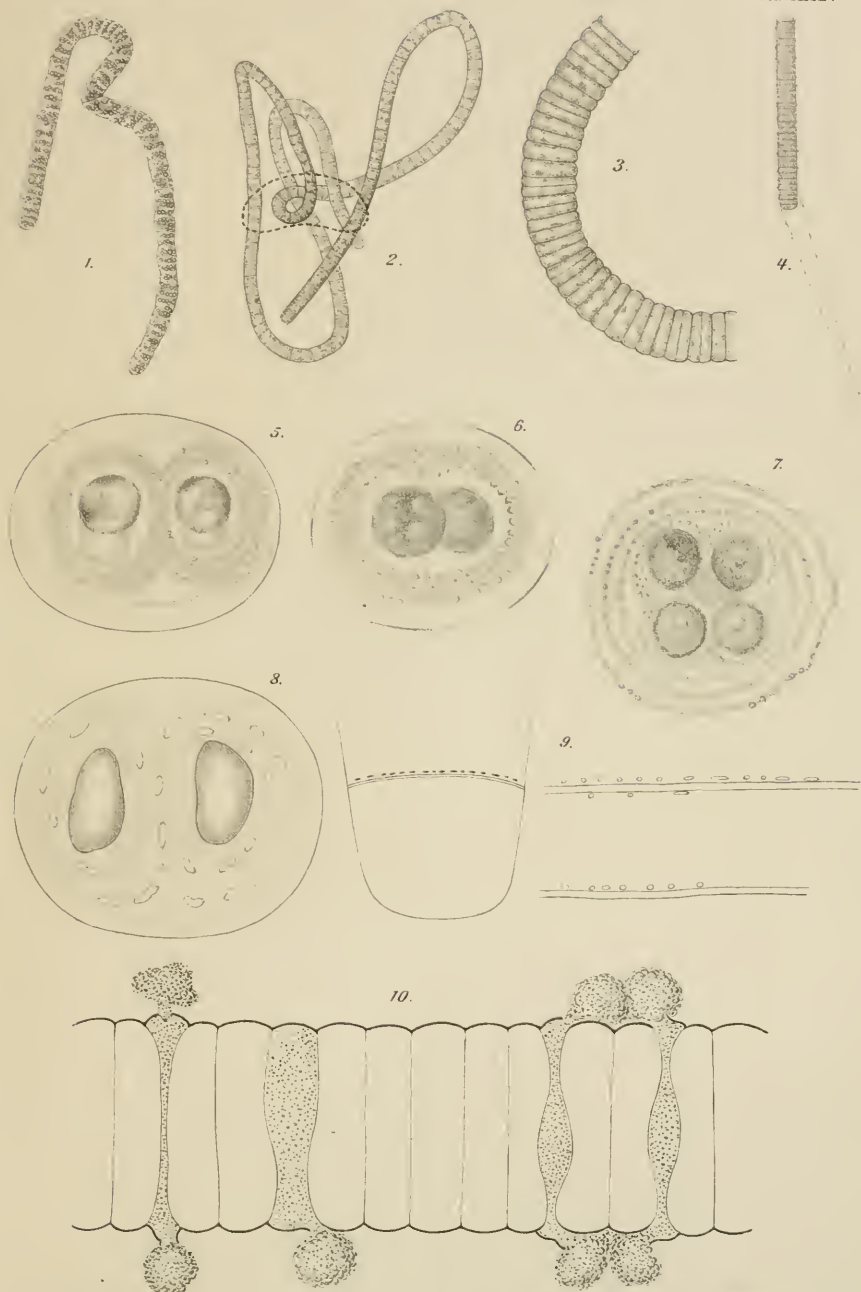
- Fig. 7. *Gloeocapsa alpina* Naeg.¹⁾ Die Körnelungen der Membran befinden sich auch an der Oberfläche, wodurch diese ein warziges Aussehen annimmt. Membranen blau.
- „ 8. *Gloeocapsa rupestris* Kg. Membran und deren Körner farblos. Körner sehr grob. Die Zellen wurden aus einer grossen Colonie herausgepresst. Vergr. ca. 1500.
- „ 9. *Oscillaria maxima* Kg. In unmittelbarer Nähe der Querwände sind Pünktchen von höchstens 1μ Grösse sichtbar, welche wahrscheinlich als Tüpfel oder Löcher zu deuten sind.
10. *Oscillaria maxima* Kg. Ein Fadenstück, dessen Zellen durch Druck theilweise aufgeplatzt sind. Das Aufreissen erfolgt fast immer in unmittelbarer Nähe der Querwände. Das Plasma ist in Ballen aus den Oeffnungen hervorgequollen. Die nicht aufgeplatzten Zellen wurden der Uebersichtlichkeit halber hell gehalten, obwohl sie gleichfalls mit Plasma erfüllt waren. Dicke des Fadens 60μ .

59. E. Palla: Einige Bemerkungen über *Trichophorum atrichum* und *caespitosum*.

Eingegangen am 25. October 1897.

Die Cyperacee *Trichophorum atrichum* ist bisher aus den österreichischen Alpen nicht bekannt geworden, obgleich das Vorkommen dieser durch ihre Verbreitung merkwürdigen Pflanze im Engadin die Vermuthung nahe legt, dass sie auch in dem benachbarten Tirol anzutreffen sein dürfte. Dies ist auch thatsächlich der Fall. Als ich mich voriges Jahr längere Zeit hindurch im Ortlergebiet aufhielt, gelang es mir, *Tr. atrichum* im Suldenthale aufzufinden. Der von mir entdeckte Standort liegt in der allen Ortlerbesuchern wohlbekannten Ortschaft St. Gertraud (Inner-Sulden.) Hier kommt die Pflanze unmittelbar südlich von der Villa Flora in ungefähr 1840 m Seehöhe längs des Suldenbaches an nassen Stellen häufig vor. Meist findet man sie vergesellschaftet mit *Heleocharis pauciflora* und *Juncus alpinus*; und diese Vergesellschaftung ist oft eine so innige, dass die drei Pflanzen scheinbar einen einzigen Rasen bilden. Da *Tr. atrichum* mit alpinen Formen der *Heleocharis pauciflora* äusserlich grosse Aehnlichkeit besitzt, so kann es bei flüchtiger Betrachtung leicht mit ihr verwechselt werden. Thatsächlich habe ich wiederholt in Herbarien gefunden, dass von den bekannten schweizer Standorten des *Tr. atrichum* unter dem Namen desselben, wenn man von den Verwechslungen mit den kleinen Hochgebirgsformen des *Tr. caespitosum* absieht, nichts

1) Es könnte möglicher Weise auch eine eigenartige Form von *G. nigrescens* Naeg. vorgelegen haben. Die Alge wuchs unter Wasser.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: [15](#)

Autor(en)/Author(s): Kolkwitz Richard Gustav Julius

Artikel/Article: [Ueber die Krümmungen und den Membranbau bei einigen Spaltalgen 460-467](#)