

10. F. Brand: Über die Faserstruktur der Cladophora-Membran.

Mit Tafel IV.

Eingegangen am 16 Februar 1906.

Wie aus der älteren Literatur hervorgeht, wurden *Cladophora*-Arten damals häufiger zu Untersuchungen und Demonstrationen benutzt wie in gegenwärtiger Zeit, in welcher diese Gattung, und insbesondere deren Süßwasserformen, weniger beliebt zu sein scheinen.

Mit dieser Annahme harmoniert auch der Umstand, dass die „Morphologie und Biologie der Algen“ von OLTMANN'S an gewissen wichtigen Erscheinungen — von welchen ich hier nur die bei manchen *Eucladophora*-Arten vorkommende Gelenkbildung und die Polaritätsumkehr bei den hydrophilen *Aegagropila*-Arten nennen will — ohne merkliches Interesse vorübergeht und dass auch die Illustration des *Cladophora*-Referates nicht durchaus einwandfrei ist¹⁾.

Unter diesen Verhältnissen schien mir die Fortsetzung meiner schon in früheren Arbeiten²⁾ publizierten Untersuchungen über diese Gattung nicht überflüssig zu sein. Neuerdings habe ich mich noch eingehender mit gewissen, so ziemlich ohne Analogie dastehenden Verhältnissen ihrer Membran beschäftigt, und bin bei den Versuchen zur Herstellung von Dauerpräparaten, mittels deren ich auch einem

1) Da eine Ergänzung des OLTMANN'S'schen Referates erst bei Gelegenheit einer grösseren Arbeit erfolgen kann, will ich hier nur einige äusserliche Unebenheiten berichtigen. Die Originalfigur 156, S. 256, zeigt eine namenlose *Cladophora*-Spezies als Habitusbild der Gattung. Diese Figur kennzeichnet aber nur den *glomerata*-Typus und kann ohne Angabe dieses Umstandes einen weniger erfahrenen Leser unter Umständen in Verlegenheit bringen, weil auch andere Wuchsformen z. B. eine lang strangförmige und eine unregelmässig verfilzte sehr häufig vorkommen. — Nr. 4 in Fig. 157, S. 257, ist ein durch meine Arbeit „Über einige Verhältnisse des Baues und Wachstums von *Cladophora*“ überholtes Schema. — Bei Nr. 4, Fig. 162, S. 264, ist kein Autor angegeben; das Bild stammt von GAY, „Recherches sur le développement et la classification etc.“ und in dem zu *Cladophora Valonia* gehörigen Literaturverzeichnis fehlt dann auch diese Arbeit. — Nr. 1 der vorerwähnten Figur endlich führt einen falschen Namen (*Cladophora rupestris* statt *ophiophila*; vergl. WILLE in ENGLER'S Natürl. Pflanzenfam. I, 2, Fig. 76 A, S. 115).

2) Die umfangreichste dieser Schriften hat OLTMANN'S ganz übersehen. Meine „*Cladophora*-Studien (Botan. Centralblatt 79, 1899, 54 S. mit 3 Tafeln) enthalten aber nicht etwa traditionelle Systematik, sondern die einzige bis jetzt existierende zusammenfassende Darstellung der morphologischen und biologischen Verhältnisse dieser Gattung und sind — abgesehen von den infolge meiner damaligen Erkrankung zurückgebliebenen Druckfehlern — noch in keinem Punkte widerlegt, wohl aber durch meine späteren Arbeiten nach mehreren Richtungen erweitert worden.

auf diesem Gebiete weniger erfahrenen Botaniker die Beschaffenheit der Gelenklamellen jederzeit demonstrieren könnte, auf so deutliche Anzeichen der Existenz feiner und feinsten Fasern gestossen, dass ich mich vorübergehend von meinem ursprünglichen Ziele ablenken liess, um diese histologische Frage weiter zu verfolgen.

Sind im Membrangefüge wirklich bestimmt differenzierte Fasern vorhanden, so werden sie wohl bei Betrachtung in durchfallendem Lichte auch zum optischen Ausdrucke kommen; das ist so wahrscheinlich, dass die Frage nach der Membranstruktur von MEYEN¹⁾ bis CORRENS fast immer im Zusammenhange mit jener nach der sogenannten Streifung besprochen worden ist.

Vergleichen wir die verschiedenen diesbezüglichen Abhandlungen, so ergibt sich nicht nur eine Differenz der Meinungen, sondern es werden auch die Begriffe „Falten“ und „Streifung“ nicht immer in gleichem Sinne gebraucht. Ich möchte deshalb vor allem in der schematischen Fig. 3 jene Auffassung darstellen, von welcher gegenwärtige Mitteilung ausgeht und zugleich auf eine bisher noch nicht bekannte Art von Querstreifen aufmerksam machen.

Die erwähnte Figur stellt die angrenzenden Enden zweier Zellen von *Cladophora rupestris* vor, welche durch ein altes Septum mit vollständig entwickeltem Gelenke getrennt sind. Das Bild ist aus zwei mikroskopischen Aufnahmen zusammengesetzt, indem die Peripherie der Zellen im optischen Durchschnitte, ihr mittlerer Teil aber in etwas höherer Einstellung, also in Flächenansicht, gezeichnet ist. Die Umrandung der Zellen lässt zwei Schichten, *a* und *i*, und innerhalb derselben die streifige Andeutung der Lamellen erkennen, aus welchen sie zusammengesetzt sind. Nebstdem erscheinen in den beiderseits neben dem Septum liegenden Gelenkräumen — d. h. den nach oben erweiterten „Interzellulargängen“ früherer Autoren — die vom unteren Winkel strahlenförmig aufsteigenden Durchschnitte der Gelenklamellen²⁾ (*gl*), welche, von innen nach aussen an Länge zunehmend, das Basalstück der oberen Zelle wie eine vielblättrige Zwinge umgeben.

1) MEYEN, Pflanzenphysiologie I, 1837, S. 18 und 54 und Tafel 4 (Kreuzstreifung der Blattzellen von *Stelis gracilis* Meyen).

2) Die Entwicklung dieser Lamellen habe ich schon in der Arbeit: „Über einige Verhältnisse des Baues usw.“, Bot. Centralbl., Beihefte Bd. X, Heft 8, 1901, S. 493 (S. 13 d. Sep.), Fig. 1—5 in einfachen schematischen Figuren dargestellt, in welchen jedoch nur der optische Durchschnitt berücksichtigt ist. Gegenwärtige Figur mag zur Ergänzung dienen. Einen ähnlichen Fall hat schon ROSENVINGE (Om nogle Vaextforhold etc., Botanisk Tidsskrift 18, 1893, Fig. 11, S. 40) in kleinem Massstabe nach dem Leben und infolge dessen weniger deutlich abgebildet. Dieser Autor nimmt aber nicht eine Neubildung von Lamellen, sondern eine mechanische Verschiebung der Schichten an.

Der mittlere Teil der oberen Zelle zeigt in Flächenansicht ausser den als postmortale Erscheinung aufzufassenden Längsfalten querlaufende feine Linien, welche die oberen Enden der Durchschnitte je zweier korrespondierenden Gelenklamellen verbinden und deren obere Ränder, eventuell Umschläge, darstellen. Das feine Netz der Streifung, im engeren Sinne, welches diese Zellen nebst dem noch überzogen, ist der Deutlichkeit wegen hier weggelassen und nur an der unteren Zelle eingezeichnet.

Der Meinungskampf um die feinste Struktur der vegetabilischen Zellhaut, dessen ausführliche Darstellung manche interessanten Ausblicke gewähren würde, hat sich bekanntlich vielfach auf algologischen Gebiete bewegt. Hier kann ich nur das Nötigste andeuten und bemerke zuerst, dass die von AGARDH¹⁾ beschriebene Zusammensetzung der Algenmembran aus Fasern und Fibrillen viel Wahres zu enthalten scheint, woraus jedoch nicht gefolgert werden möge, dass ich mich in allen Punkten an diesen Autor anschliesse.

MOHL²⁾ erklärt alle Fasern AGARDH's, und zwar nicht nur die sehr groben — worin er im Rechte sein mag — sondern auch die feinen und feinsten für Falten der Lamellen, und CORRENS³⁾, der letzte Autor, welcher meines Wissens über diesen Gegenstand geschrieben hat, gibt nur soviel zu, dass „die Lamellen parallel der Faltung in Streifen von wechselnder Beschaffenheit — in chemischem oder physikalischem Sinne — differenziert“ seien. Auf dieser — direkt nicht wahrnehmbaren — Struktur beruhe ihre Zerlegbarkeit in Fasern. Somit sind im Sinne dieser Arbeit die Andeutungen von faseriger Abspaltung, welche die Fig. 15 und 16 zeigen, lediglich als Kunstprodukte aufzufassen, welche nur auf mechanischem Wege zustande gekommen seien⁴⁾.

Dass CORRENS sich von der Existenz selbständiger Fasern nicht überzeugen konnte, ist wohl in erster Linie auf Rechnung der von ihm angewendeten Schwefelsäure zu setzen. Durch dieses Reagensquellen die Fibrillen zuerst auf, um dann bei stärkerer Konzentration der Säure sich plötzlich aufzulösen. Die von CORRENS gleichfalls angewendete JAVELLE'sche Lauge hat sich mir bei *Cladophora* nutzlos erwiesen, und die SCHULTZE'sche Mazeration scheint dieser Autor, nach den Angaben einer früheren Arbeit⁵⁾ zu schliessen, nur in ab-

1) J. G. AGARDH, De cellula vegetabili fibrillis tenuissimis contexta. Lundae 1852.

2) H. MOHL, Über die Zusammensetzung der Zellmembran aus Fasern. Bot. Zeitung 11, 1853, S. 753 ff.

3) C. CORRENS, Zur Kenntnis der inneren Struktur einiger Algenmembranen. ZIMMERMANN's Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle, Bd. I, 1893, S. 302.

4) l. c., S. 302, Ergebnis 4 und Tafel V—VI.

5) C. CORRENS, Zur Kenntnis der inneren Struktur der vegetabilischen Zellmembranen. Jahrb für wissenschaft. Botanik, Bd. 23, 1892, S. 289.

geschwächter Weise angewendet zu haben, und hat deshalb, ähnlich wie CRÜGER¹⁾, auch nur eine gewisse Plastizität, aber keine deutliche Isolierung der Fibrillen erzielt. AGARDH scheint meist ohne Reagentien präpariert zu haben, verwendete jedoch gelegentlich auch Salzsäure und Jod, während MOHL das SCHULTZE'sche Verfahren voll zur Anwendung brachte.

Von allen den genannten Reagentien und noch vielen anderen hat sich bei meinem (ausschliesslich getrockneten) Materiale keines als vollständig zweckentsprechend erwiesen; die relativ besten Erfolge erzielte ich mit der letztgenannten Mazeration, durch welche wenigstens die Abspaltung der Lamellen und die Isolierung stärkerer Fasern gelang, während bei meinem günstigsten Objekte, nämlich bei *Cladophora intertexta* Collins, auch Spuren der Fibrillen zutage traten. Nach einer langen Reihe von Versuchen führte endlich die Kombination verschiedener Verfahren zum Ziele.

Als die beste Methode hat sich folgende erwiesen: Die Objekte werden erst mindestens 24 Stunden lang in angesäuertem destillierten Wasser aufgeweicht, um sie der Einwirkung der nachfolgenden Reagentien zugänglicher zu machen und zugleich den etwa aufgelagerten Kalk zu entfernen. Sodann werden sie der SCHULTZE'schen Mazeration unterworfen — wobei die Erwärmung nicht unterlassen werden darf — und schliesslich einige Minuten lang mit sehr starker Chromsäurelösung behandelt. Von dem früher üblichen Zerreißen oder Zerquetschen der Membran habe ich Umgang genommen und mich im Gegenteile bemüht, das Objekt möglichst wenig zu berühren. Durch die Mazeration werden die Membranen schon ziemlich vulnabel und etwas klebrig. Deshalb muss man die Fadenstücke sehr vorsichtig aus dem Wasser herausfischen, auf dem Objektträger ausbreiten und gleich mit einem Deckglase bedecken. Die Chromsäure wird dann an dem Rand des Deckglases zugesetzt, mit Löschpapier angesaugt und in ähnlicher Weise wieder ausgewaschen. Es ist mir jetzt noch nicht gelungen, Querschnitte von Zellen oder der Länge nach gespaltene Membranen nach der SCHULTZE'schen Mazeration unverletzt auf dem Objektträger auszubreiten. Deshalb habe ich mehrmals versucht, auch diese Operation unter dem Deckglase vorzunehmen, habe damit aber nur ungenügende Resultate erhalten.

Nach Auswaschung der Chromsäure empfiehlt es sich, das Präparat mit einer schwachen Lösung von Rutheniumrot zu färben, indem man diese ebenso, wie früher die Reagentien, durchsaugt. Dadurch färben sich die Fasern und Fibrillen entweder gar nicht oder nur äusserlich, wohl aber rötet sich die Grundsubstanz der

1) H. CRÜGER, Westindische Fragmente, 4. und 5. Fragment. Botan. Zeit. 12, 1854. Behandelt die Membranen von Phanerogamenzellen.

Lamellen mehr oder minder deutlich, und man sieht dann oft aus einer rötlichen Lamelle farblose Fasern hervorragen.

Eine ganz bestimmte Zeitdauer für die Einwirkung der Reagentien kann ich nicht angeben, weil sich nicht nur die Arten etwas verschieden verhalten, sondern auch individuelle Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Zellen zu bestehen scheinen, indem junge Exemplare der Lösung mehr Widerstand leisten als alte. Deshalb sind oft mehrere Versuche nötig, um das richtige Mass für den speziellen Fall zu finden.

Als „Fibrillen“ bezeichne ich mit AGARDH die feinsten Fasern, welche sich erkennen lassen. Die dünnsten dieser Gebilde entsprechen nach ihrer Feinheit und ihrem farblosen Aussehen etwa den Cilien der Algenschwärmersporen. Andere sind etwas stärker, und es kommen alle Übergänge bis zur Dicke von ca. $\frac{1}{2} \mu$ vor, von welcher Grenze ab ich diese Gebilde als „Fasern“ bezeichnen möchte. Man beobachtet öfters, dass sich solche Fasern in Fibrillen auflösen, jedoch steht noch nicht fest, welche Maximaldicke die Fibrillen erreichen können, bzw. ob alle Fasern aus Fibrillen zusammengesetzt sind.

Wird ein genügend vorbehandeltes Präparat gequetscht oder verschoben, so entsteht ein Bild, welches an das krause Gewirr der Rosshaarfüllung unserer Polster erinnert; schon eine Knickung der Zellwand genügt, um an dieser Stelle eine solche Unordnung zu erzeugen, und auch die an Trennungsrändern frei gewordenen Fibrillen zeigen eine ausgesprochene Neigung zu welliger oder krauser Verbiegung. Ein solches Fadengewirre lässt sich dann mittels zweier Nadeln leicht in parallelfädige Stränge ausziehen. Derartige Stränge und Büschel haben schon AGARDH und CRÜGER abgebildet.

Über die natürliche Anordnung der Fasern und Fibrillen geben unsere Fig. 1 und 2 einige Anhaltspunkte. Diese Figuren hat Herr Dr. DUNZINGER nach meinen Präparaten mittels eines Zeichenapparates vor dem Mikroskope entworfen, und es ist nach beiderseitiger Übereinkunft nur das gezeichnet worden, was mit zweifelloser Deutlichkeit zu sehen war. Die betreffenden Präparate habe ich aus vielen anderen ausgewählt und zwar mit besonderer Rücksicht auf die vollständigen Faserspiralen, welche nur selten so klar zu sehen sind. Ich kann nicht unterlassen, auf diesen Umstand aufmerksam zu machen, damit nicht künftige Beobachter sich eventuell durch diesbezügliche Misserfolge ihrer ersten Versuche abschrecken lassen.

Ferner möchte ich bemerken, dass alle fädigen Gebilde zwar aus technischen Gründen hier dunkel gezeichnet sind, sich in Wirklichkeit aber hell von der Umgebung abheben, sowie dass auch die in unseren Figuren homogen erscheinenden Membranpartien tatsäch-

lich von einem feinen, sich vielfach kreuzenden Faserwerke ausgefüllt sind, dass letzteres sich aber in Dauerpräparaten und bei der hier angewendeten mittleren Vergrößerung nicht definieren lässt und deshalb nach dem oben angedeuteten Grundsatz weggelassen worden ist.

Die in Vorstehendem geschilderten Verhältnisse habe ich an folgenden von mir studierten grösseren Meeresformen im wesentlichen übereinstimmend gefunden:

1. *Cladophora hospita* (Mert.) Kütz. von St. Paul in der Südsee (leg. FRAUENFELD), welche ich schon vor längerer Zeit durch die meinen algologischen Arbeiten stets hilfsbereite Güte des Herrn Dr. NORDSTEDT in Lund erhalten habe. Diese Spezies ist auch von MOHL und CORRENS benutzt worden.

2. *Cladophora intertexta* Collins, an welcher ich mich zuerst von der Faserstruktur überzeugen konnte, sowie *Cladophora (Aegagropila) fuliginosa* Kütz. Beide verdanke ich nebst anderen musterhaft präparierten Algen der Gefälligkeit des Herrn FRANK S. COLLINS in Malden, Mass.

3. *Cladophora (Aegagropila) Montagnei* Kütz. var. *waianaeana* Nob.¹⁾ hat mir die Entdeckerin dieser Form, Frl. JOS. E. TILDEN (Universität von Minnesota) gütigst überlassen. Ob diese Alge sowie *Cladophora intertexta* Collins in den von ihren Entdeckern herausgegebenen Exsiccatenwerken schon zur Ausgabe gelangt sind, ist mir zurzeit nicht bekannt.

Ich benutze gern diese Gelegenheit, um den Spendern des wertvollen Materials hiermit öffentlich meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Fragen wir nach den Schlussfolgerungen, welche aus den Angaben und insbesondere aus den Abbildungen meiner Arbeit abgeleitet werden könnten, so glaube ich annehmen zu dürfen, dass die Existenz feiner und feinsten, im natürlichen Gefüge der Membran vorgebildeter Fasern, welche bisher immer noch bestritten worden ist, nunmehr wenigstens für die Gattung *Cladophora* sichergestellt sei.

Die von CORRENS nach Behandlung mit Schwefelsäure und Einbettung in Gummi dargestellte Wellung der Membranlamellen kann daneben recht wohl bestehen, nur fragt es sich, ob sie die Ursache der auch an lebenden Zellen zu beobachtenden Kreuzstreifung ist.

Um auf diese Frage und auf die Einzelheiten der an der lebenden Membran zu vermutenden Struktur eingehen zu können, dazu ist mir die ganze — ohnehin sehr schwierige — Angelegenheit

1) Vergl. F. BRAND, Über die Anheftung der Cladophoraceen usf. Beihefte zum Bot. Centralblatt 18, Abt. 1, Heft 2, S. 185 und Tafel 5, Fig. 21 und 22.

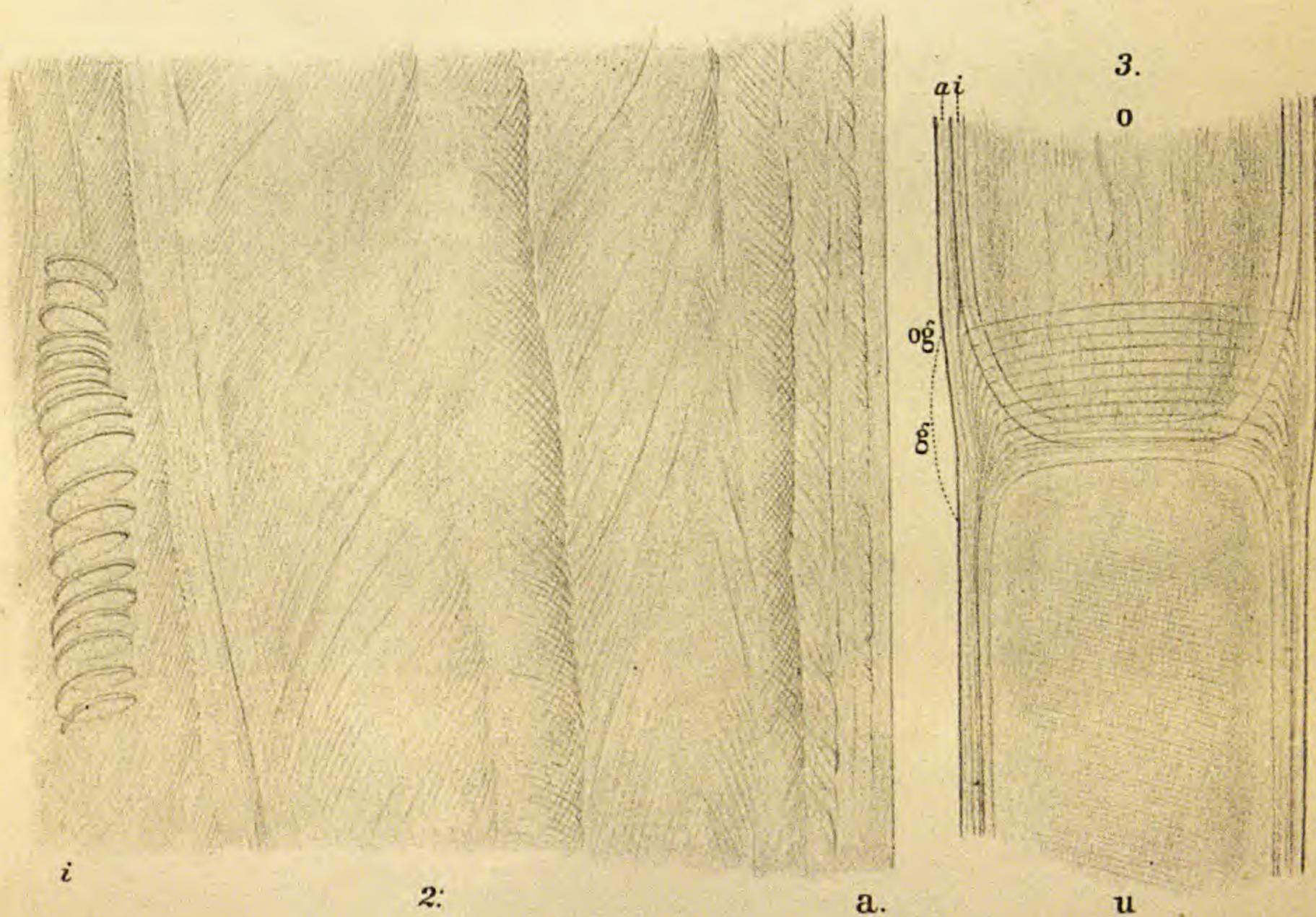
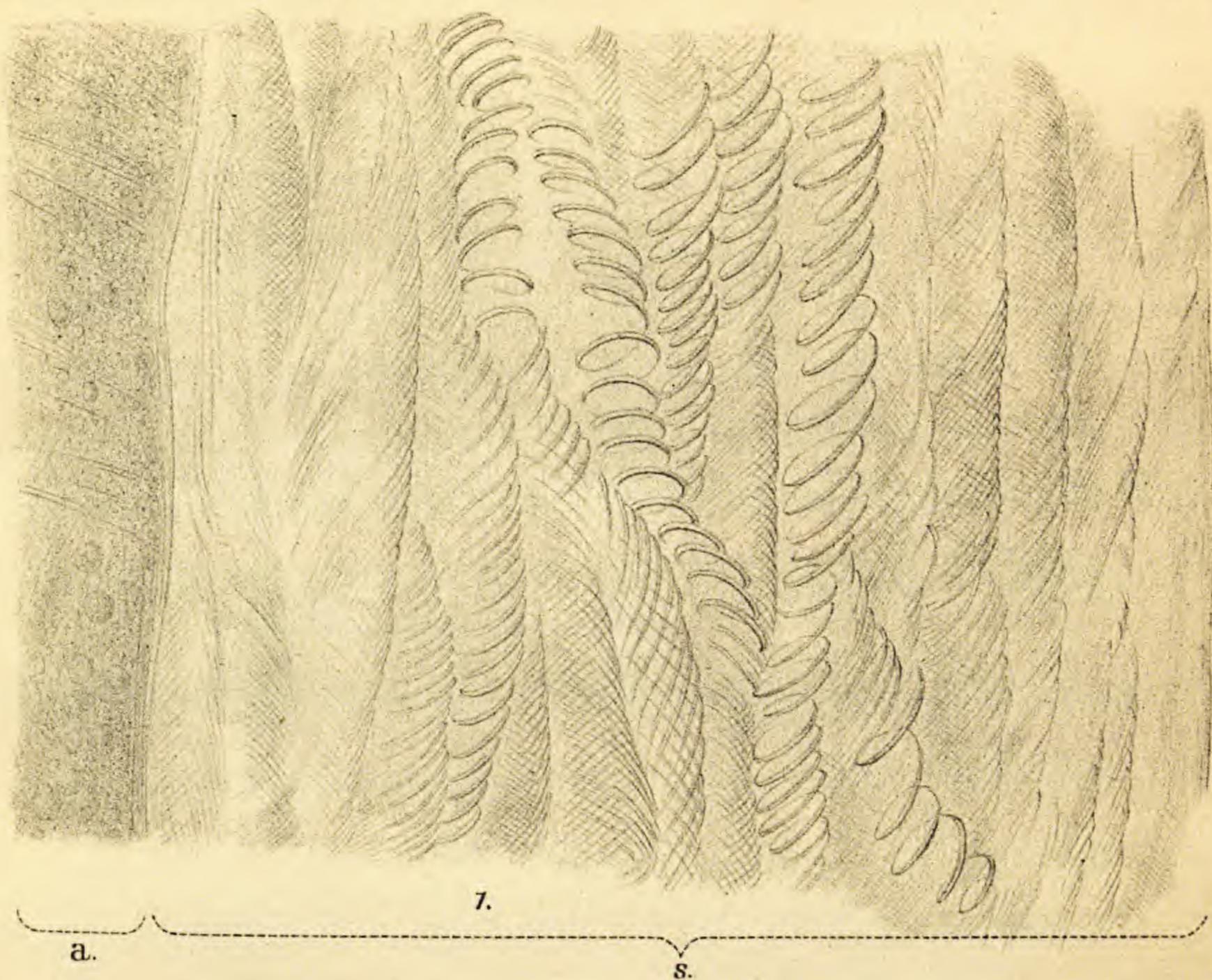
noch zu neu. Soviel glaube ich aber jetzt schon sagen zu können, dass eine Verwebung der Fasern und Fibrillen nach Art der Leinwand — wie AGARDH andeutet — nicht vorliegt, sondern dass diese Gebilde, ähnlich wie die CORRENS'schen Lamellenwellungen, nur neben- und übereinander hinweglaufen. Ferner habe ich den Eindruck gewonnen, als ob bei der optischen Erscheinung der Membranstreifung die der Länge nach dicht aneinander gereihten Überschneidungen der Fibrillenwindungen eine nicht unwichtige Rolle spielten.

Da ich nicht weiss, ob und wann es mir gelingen wird, über die berührten Verhältnisse weitere Aufschlüsse geben zu können, während andererseits eine gewisse Aussicht besteht, dass das von mir angegebene oder ein ähnlich kombiniertes Verfahren bei den Zellhäuten höherer Pflanzen zu gewissen Resultaten führen könnte, glaube ich meine Beobachtungen in dieser für die allgemeine Botanik nicht unwichtigen Frage schon jetzt der Öffentlichkeit übergeben zu dürfen.

Erklärung der Abbildungen.

Die Figuren 1 und 2 sind in 680facher Vergrösserung mit einem achromatischen Trockensystem von Herrn Dr. DUNZINGER gezeichnet.

- Fig. 1. Ein Teil der Schnittfläche einer quer durchgeschnittenen Zelle von *Cladophora (Aegagropila) Montagnei* var. *waianaeanae* Nob. nach Behandlung mit SCHULTZE-Chromsäure, welche den Zellinhalt vollständig zerstört hatte. Diese Schnittfläche *s* hat sich unter dem Drucke des Deckglases fast horizontal gelegt, und man sieht links den Ansatz an die äussere Zellfläche *a*.
- „ 2. Teil vom Seitenrande einer mit SCHULTZE-Chromsäure behandelten Zelle von *Cladophora hospita* (Mert.) Kütz. Das Membrangefüge hat sich in der Querrichtung gelockert. *a* äussere Seite, *i* innere Seite.
- „ 3. Schematische Darstellung eines vollständig ausgebildeten Gelenkes von *Cladophora rupestris* (L.) Kütz. *o* Basalende der oberen Zelle mit postmortaler Faltenbildung und den als feine Querstreifung erscheinenden oberen Rändern *og* der Gelenklamellen. *u* Apikalende der unteren Zelle mit Kreuzstreifung; die Falten sind hier weggelassen. Seitlich die Durchschnitte der Gelenklamellen *g*. *a* Aussenschicht, *i* Innenschicht der Membran.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Brand Friedrich

Artikel/Article: [Über die Faserstruktur der Cladophora-Membran. 64-70](#)