

müssen. Findet solches wirklich in der Natur statt, oder kommt vielleicht noch ein innerlicher Factor dazu, wodurch etwa die Neigung zur ungeänderten quantitativen Vererbung von gewissen Eigenschaften stärker ist? Das sind in der Zukunft noch zu lösende Fragen.

Zum Schlusse sei es mir erlaubt, Herrn Prof. HUGO DE VRIES an dieser Stelle für die ungeschwächt mir ertheilte Anregung und Mithülfe meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

48. C. Correns: Ueber die Membran von *Caulerpa*.

Mit Tafel XXIII.

Eingegangen am 21. December 1894.

Die nachstehend mitgetheilten Beobachtungen betreffen einige neue und merkwürdige Eigenschaften der an Eigenheiten schon so reichen Gattung *Caulerpa*. Die Fähigkeit der Membransubstanz, grosse Sphaerite zu bilden, fand ich ganz zufällig im Frühjahr 1892, also lange vor den Publicationen GILSON's und BÜTSCHLI's über Sphaerokrystalle aus Cellulose.

a) Sphaerokrystalle aus der Membransubstanz.

Lässt man auf die Membran von *Caulerpa prolifera* ziemlich concentrirte Schwefelsäure einwirken und setzt zur richtigen, übrigens nicht gerade kurz bemessenen Zeit Wasser zu, so findet man die Membran, wenigstens stellenweise, in ein Haufenwerk grosser, farbloser Körner verwandelt. Man kann Querschnitte oder Flächenstücke vom Stämmchen, dem Blatt oder einem dicken Rhizoid verwenden, nur die dünnen Membranen feinerer Rhizoide sind unbrauchbar. Es empfiehlt sich ferner, ohne Deckglas zu operiren, um das Wasser rasch zusetzen zu können; der richtige Moment ist gekommen, wenn bei Membranquerschnitten die Schichtung völlig verschwunden ist.

Das Haufenwerk von Körnern, in das sich die gequollene Membran verwandelt, ist dichter oder lockerer, je nachdem die Einwirkung der Schwefelsäure früher oder später unterbrochen worden war. Es kann noch unveränderte Membrantheile umschliessen, wenn die Säure, aussen kräftig wirkend, noch nicht ganz in's Innere gedrungen war (Taf. XXIII, Fig. 2). Hatte sie gleichmässig, aber nicht stark genug gewirkt, so

treten einzelne Körner in der verquollenen Membranmasse auf (Figur 16, 17). Umgekehrt sieht man nach starker Einwirkung oft die Körner in einer homogenen, schwächer brechenden Masse eingebettet, nach aussen zu an Grösse immer mehr abnehmend; zu äusserst bildet die Masse einen hyalinen Saum (Fig. 1, bei *x*).

Die Körner sind einfach oder zusammengesetzt und sehr verschieden gross, im nämlichen Präparat findet man winzig kleine und sehr grosse. Solche von 10 bis 20 μ Durchmesser sind sehr häufig, solche bis zu 50 μ nicht selten; das grösste einfache Korn, das ich mass, war sogar 60 μ dick. Sie sind scharf contourirt, die einfachen Körner mehr oder weniger kugelförmig, die zusammengesetzten länglich und in grösserem oder geringerem Grade unregelmässig gestaltet. Eventuell stellt das ganze Membranstück im Wesentlichen ein grosses, zusammengesetztes Korn vor (Fig. 7, 8, wo nur je ein Stück eines langen Streifens gezeichnet wurde). — Formen, die den „halb zusammengesetzten“ Stärkekörnern entsprechen würden und die auch bei Calciumphosphatsphaeriten beobachtet wurden (LEITGEB, I, Taf. 8, Fig. 18), habe ich nie gesehen.

Die optische Dichte der Körner ist beträchtlich grösser als die des Wassers, sie sind also in diesem Medium sehr gut zu sehen. Da die einfachen Körner beim Druck radiale Risse bekommen (Fig. 15), die zusammengesetzten ausserdem in ihre Componenten zerfallen können und diese Componenten dann noch deutlich als Theilkörner zu erkennen sind, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass sie aus ziemlich fester Substanz bestehen. Die directe Beobachtung bestätigt dies. Lässt man zu isolirten, wohlausgebildeten und nach sorgfältigem Auswaschen ausgetrockneten Körnern Wasser treten, so nehmen sie davon 100 bis 300 Volumprocent auf, müssen also im wasserhaltigen Zustande immerhin noch 50 bis 25 Volumprocent (im Hundert) Trockensubstanz enthalten. (Die unveränderte Membran enthält als Ganzes ca. 50 Volumprocent Wasser, die dichten Schichten also weniger, die weichen mehr.) Unter dem Polarisationsmikroskop zeigen sie deutliche Doppelbrechung (jedenfalls sobald sie über 10 μ gross sind, oft auch bei geringerer Grösse), über einem Gypsplättchen Roth I. O. ist bei gekreuzten Nicols die Vertheilung der Farben dieselbe wie in einem Stärkekorn, die längste Achse des Ellipsoides der optischen Elasticität ist also radial orientirt. Körner, die aus grösseren Componenten zusammengesetzt sind, zeigen so viel Kreuze als Componenten vorhanden sind. Diese optische Reaction wird dadurch, dass man die völlig trockenen Körner in venetianischen Terpentin bringt, nicht schwächer, obwohl sie darin so vollständig verschwinden, dass sie nur an ihrer Doppelbrechung aufgefunden werden können. Trocken in Nelkenöl liegend sehen sie wie Vacuolen aus.

Von einer Structur ist nur selten etwas zu sehen, und dann nur

radiale Streifung (Fig. 14), die der Ausdruck eines Aufbaues aus Nadeln ist. Dieser Aufbau tritt bei der Einwirkung von Kupferoxydammoniak, vor der Lösung, oft mit grosser Schönheit hervor. Von Schichtung oder „Wabenstructur“ sah ich nie etwas. Einmal beobachtete ich bei einem grossen Korn buckelige Oberfläche (Fig. 4).

Nach alledem kann es keinem Zweifel unterliegen, dass wir es mit Sphaerokristallen zu thun haben. Die Volumverkleinerung bei der Wasserabgabe, die Volumvergrösserung bei der Wasseraufnahme zeigen, dass sie nicht bloss porös sind, wie Inulinsphaerite, sondern auch quellungsfähig. Es dürften dies die ersten, künstlich dargestellten Sphaerokristalle sein, für die eine beträchtliche Quellungs-fähigkeit nachgewiesen wurde.

Dass die Sphaerokristalle aus der Substanz der verquollenen Membran neu entstehen, kann keinem Zweifel unterliegen. Es geht das aus ihrer Grösse und ihrem nachgewiesenen hohen Gehalt an Trockensubstanz ohne Weiteres hervor. Ein Sphaerit von nur $10\ \mu$ Durchmesser müsste, bei 70 pCt. Wassergehalt, mindestens eine Kugel von $6,7\ \mu$ Durchmesser in der trockenen Membran bilden. Ebenso beweisend für die Neubildung sind jene Sphaerite, die in ihrem Innern noch fast unveränderte Balkenstücke einschliessen (Fig. 9, 10).

Die Entstehung lässt sich aber auch direct unter dem Mikroskop verfolgen. Günstig sind vor allem jene Fälle, wo in der verquollenen Substanz einzelne Sphaerokristalle entstehen. Da sieht man dann deutlich, dass die Sphaerite wachsen. Anhaltspunkte zur Beantwortung der Frage, ob dies durch Apposition oder Intussusception geschieht, habe ich nicht finden können.

Das Verhalten der Sphaerokristalle gegen Reagentien wurde stets an Präparaten studirt, die genügend lange mit Wasser, eventuell mit verdünntem Ammoniak, ausgewaschen worden waren.

Die Sphaerokristalle färben sich mit Jod und Schwefelsäure gelbbraun und lösen sich dann; in Chlorzinkjodlösung werden sie ebenfalls gelbbraun und verquellen vollständig. Sie lösen sich in Natronlauge (und zwar schon in 12procentiger) und in einer genügenden Menge von (wirksamem) Kupferoxydammoniak. Bei Einwirkung des letzteren Lösungsmittels — nicht bei der von Natronlauge oder Schwefelsäure — tritt zunächst, wie schon erwähnt, sehr schöne radiale Streifung hervor. Eau de Javelle (wenigstens das mir zur Verfügung stehende Präparat) löst sie nicht, auch nicht beim Erwärmen. In rauchender Salzsäure verquellen sie nur, beim Auswaschen werden sie wieder so deutlich wie sie zuvor waren. Dagegen sind sie in concentrirter Essigsäure löslich, und zwar schon in der Kälte, ebenso in rauchender Salpetersäure, in starker, aber nicht rauchender Säure erst beim Erwärmen.

Kupferoxydammoniak löst bekanntlich die Membran von *Caulerpa*

nicht (CRAMER, I, 3) und ebenso wenig 12procentige Natronlauge. Das abweichende Verhalten der Sphaerite konnte sich in doppelter Weise erklären: Entweder musste die ausgefällte Membransubstanz von der unveränderten verschieden sein, oder es mussten zwei verschiedene Substanzen in der Membran vorhanden sein, von denen die eine, in den angegebenen Reagentien löslich, die Sphaerite bilden würde, die andere, unlösliche, das Verhalten der unveränderten Membran bestimmen und keine Sphaerite bilden würde. Dann durfte man aber auch erwarten, die lösliche Substanz durch ihre Lösungsmittel der Membran entziehen zu können, das Uebrigbleibende dürfte keine Sphaerite mehr bilden.

Ich behandelte nun dicke Rhizomquerschnitte und Blattstücke theils während mehr als zwei Monaten mit 12procentiger Natronlauge, theils während einiger Tage mit Kupferoxydammoniak, immer mit reichlichen Mengen. Nach dem Auswaschen (das bei den mit Kupferoxydammoniak behandelten Schnitten mit Ammoniak geschah) liessen sich noch ebenso gut Sphaerokrystalle darstellen, ja ich benutzte weiterhin das mit Natronlauge behandelte Material mit Vorliebe zu ihrer Darstellung, weil sie grösser und schöner ausgebildet aufzutreten schienen.

Die Extractionsversuche sprachen also nicht für die Existenz von zweierlei Substanzen in der Membran¹⁾. Immerhin könnte man sie durch die weitere Annahme zu retten suchen, die unlösliche Substanz „schütze“ die lösliche. Sie wird aber eigentlich schon durch die That- sache unmöglich gemacht, dass die ganze gequollene Membran unter Umständen sich in Sphaerite zu verwandeln vermag, die sich gegenseitig abplatten (Fig. 7); wo bleibt da die zweite Substanz?

Behandelt man Membranquerschnitte mit Eau de Javelle, so lösen sie sich, sorgfältig ausgewaschen, schon in 12procentiger Natronlauge, wie die Sphaerite, dagegen nicht in Kupferoxydammoniak. Cellulose- reactionen mit Jodpräparaten gelingen nun ebenso wenig wie mit der unveränderten Membran. Die Sphaerite lassen sich mit einiger Sorgfalt noch ebenso gut darstellen.

1) NOLL (I, 142) gewann den Eindruck, „als ob die Membran (von *Bryopsis*, *Derbesia* und *Caulerpa*) aus zwei verschiedenen Bestandtheilen zusammengesetzt sei, die sich unter gewissen Bedingungen (Einwirkung von Schwefelsäure) trennen liessen: Einem mit Chlorzinkjod sich intensiv bläuenden, der durch Schwefelsäure ausgezogen werden kann, und einem grobkörnigen, der sich mit Chlorzinkjod wie die Substanz des Protoplasmas rothgelb färbt“. Ich habe bei *Caulerpa* unter keinen Umständen eine Cellulose- reaction erhalten, auch nicht, als ich dicke Rhizomquerschnitte 6 Stunden lang mit 25 pCt. (auf's Hundert) Kalilauge im zugeschmolzenen Rohr in kochendem Wasser hielt. SCHACHT will durch Aetzkali der *Caulerpa*-Membran die Fähigkeit gegeben haben, mit Jod und Schwefelsäure blau zu werden.

Die Sphaerokristalle entstehen also sicher aus der durch die Einwirkung der Schwefelsäure **modificirten** Hauptmasse der Membransubstanz, und wenn wir annehmen dürfen, dass unter der Einwirkung der Säure eine immer weitergehende Spaltung eintritt, so handelt es sich wohl um eine bestimmte Stufe des Zerfalls. Ist die Schwefelsäure nicht stark genug (enthält sie mehr als ein Viertel ihres Volums an Wasser), oder wirkt sie zu kurze Zeit ein, so wird durch den Wasserzusatz nur die Säure ausgewaschen, es bilden sich keine Sphaerite. Nach stärkerer Einwirkung entstehen einzelne Sphaerite in der verquollenen Substanz (Fig. 16, 17), dann verwandelt sich die ganze Substanz in Sphaerite. Bei weitergehender Einwirkung scheinen Modificationen zu entstehen, denen die Befähigung, Sphaerite zu bilden, wieder verloren gegangen ist, die aber noch ausgefällt werden (die homogene Masse, Fig. 1). Ist die Membran zu stark verquollen resp. gelöst, so fällt nichts mehr aus. — Dass die Bildung der Sphaerite vom Grade der Säurewirkung abhängt, ist sicher, ob der Vorgang im Einzelnen richtig aufgefasst ist, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Auch die Schnelligkeit, mit der das Wasser zu den verquollenen Membranen tritt, scheint Einfluss auf die Sphaeritbildung zu haben, jedoch nur auf die Grösse der Körner. So dürfte es sich erklären, dass diese im Präparat (z. B. einem Membranausschnitt) meist von aussen nach innen zunimmt. Versuche, bei denen die Sphaerokristalle statt mit Wasser mit absolutem Alkohol oder mit Gummilösung ausgefällt wurden, lieferten übrigens keine besonders abweichenden Resultate. Im ersten Fall wurden wohl mehr kleine, im zweiten leichter grosse Körner gebildet.

Aus der Substanz der Balken sind die Sphaerite schwieriger darzustellen. Fig. 11 stellt den beginnenden Zerfall eines Balkenstückes dar, Fig. 12 zwei fast ganz zerfallene Stücke, Fig. 13 die Vereinigungsstelle einiger Balken, wo sich im Innern einige Sphaerokristalle gebildet haben. Ihre Substanz scheint gegen Schwefelsäure resistenter zu sein als die Substanz der eigentlichen Membran, es würde sich so erklären, dass man die in der Membran steckenden Balkenenden hin und wieder in Sphaerokristalle eingeschlossen findet (Fig. 9, 10).

Bei feineren, also dünnwandigen Rhizoiden gelang es mir nicht Sphaerite zu erhalten. Da man kaum annehmen kann, dass ihre Membranen aus einer anderen Substanz bestehen als die der dickeren Rhizoide, so zeigt dies, dass auch die Dicke der Membran Einfluss darauf hat, ob bei entsprechender Behandlung Sphaerokristalle entstehen oder nicht. Mittelstarke Membranen geben kleinere Körner als dicke.

Unsere Sphaerokristalle besitzen offenbar Aehnlichkeit mit den Sphaerokristallen aus Cellulose, die GILSON (I) dargestellt hat, und noch mehr mit jenen, die BÜTSCHLI (I, 50) beobachtete. Sie unterscheiden sich von jenen durch ihre viel grössere Dichte. Die Cellulosesphaerokristalle, die ich selbst nach GILSON's Angaben dargestellt habe und die mit GILSON's Beschreibung ganz übereinstimmten, waren viel lockerer, die radiale Structur war (in Folge dessen) eher deutlicher, die Conturen waren verwischt, die Doppelbrechung Null oder doch nicht erkennbar; ob sie quellungsfähig sind, habe ich leider nicht geprüft.

Wie die GILSON'schen Sphaerokristalle verhalten sich im Wesentlichen auch jene Körner, die bei Einwirkung von Wasser auf eine in starker Schwefelsäure verquollene Cellulosemembran entstehen, und die von WIESNER und MIKOSCH als „Dermatosomen“ betrachtet wurden. Sie sind viel kleiner und ohne erkennbare Structur.

Von den Sphaerokristallen BÜTSCHLI's unterscheiden sich die *Caulerpa*-Sphaerite ebenfalls durch grössere Dichte und, was vielleicht mit dieser in Zusammenhang steht, durch die wenig auffallende Structur, wohl auch durch die Grösse¹⁾, vor Allem aber durch ihre optische Reaction. Ueber einem Gypsplättchen Roth I. O. sind bei jenen bei gekreuzten Nicols die Farben umgekehrt vertheilt wie bei einem Stärkehorn!

Dieser Unterschied wird wohl durch die Substanz bedingt, aus der die Sphaerite bestehen, nicht durch die Anordnung der kleinsten Theilchen. Bekanntlich zeigt auch der Querschnitt durch die Membran eines *Caulerpa*-Stämmchens die Farben umgekehrt vertheilt, wie z. B. ein Querschnitt durch eine Bastzelle, ein Haar (NAEGELI und SCHWEN-DENER, I, 357). Dieser Unterschied erklärt sich ganz natürlich, wenn wir annehmen dürfen, dass auch hier die Substanz der Membran gerade umgekehrt reagirt als die Cellulose. Dann kann die Structur (die Anordnung und Ausbildung der Micelle) in der *Caulerpa*-Membran die gleiche sein wie in der Cellulosemembran schlechthin.

Die Eigenschaft, unter den angegebenen Bedingungen Sphaerokristalle zu bilden, kommt nicht allein der Membran von *Caulerpa prolifera* zu, ich konnte sie auch bei den Membranen aller darauf hin untersuchten *Caulerpa*-Arten constatiren, nämlich bei *C. ligulata*, *Frey-cinetii*, *racemosa*, *clavifera* und *macrodisca*. Demnach dürfte es sich um eine, der ganzen Gattung *Caulerpa* zugehörige Eigenthümlichkeit handeln.

Ich habe aber auch andere Algenmembranen, speciell von Siphoneen, geprüft. Ich wählte vorzüglich solche Arten aus, bei denen, ähnlich

1) BÜTSCHLI macht keine directen Grössenangaben; für den grössten, als Fig. 17 reproducirten Sphaerokristall, berechne ich die Grösse zu 17 μ .

wie bei *Caulerpa*, die Membran mit Jodpräparaten keine normale Cellulosereaction giebt oder die längste Achse des Ellipsoides der optischen Elasticität abweichend orientirt zeigt.

Mit negativem Ergebniss untersuchte ich: *Acetabularia* (Stiel), *Dasycladus*, *Codium Bursa*, *Anadyomene*, *Udotea*, *Halimeda*, ferner *Chaetomorpha*, *Chamaedoris*, *Valonia*, endlich einige *Bryopsis*-Arten (*Br. Arbuscula*, *setacea* Hering) und *Derbesia*¹⁾.

Sphaerokrystalle erhielt ich nur bei zwei *Bryopsis*-Arten, einer als *Br. Balbisiiana* bezeichneten, von Marseille stammenden, sterilen Form, die wohl zu *Br. disticha* J. Ag. gehört, und bei *Br. penicillata* Suhr²⁾. Bei beiden Arten färbt sich nur eine ziemlich schmale, weit nach innen liegende Zone der Membran mit Chlorzinkjod violett. Die längste Achse des Ellipsoides der optischen Elasticität liegt radial (Längsschnitt). Das Verhalten der Sphaerite entspricht, soweit ich es prüfte, ganz jenem der *Caulerpa*-Sphaerite.

Dies Uebereinstimmen von *Caulerpa* und *Bryopsis* bietet gewiss einiges Interesse, weil es ein Fingerzeig ist, in welcher Richtung man die Verwandten der so isolirt dastehenden Gattung *Caulerpa* zu suchen hat. Man hat sie schon früher an *Bryopsis* angeschlossen (WILLE, I, 136), „einerseits wegen der Aehnlichkeit in der Verzweigung, welche sich zwischen höheren *Bryopsis*-Formen und gewissen niedrig stehenden *Caulerpa*-Arten findet, andererseits, weil sich in gewissen alten *Bryopsis*-Stämmchen Zellstoffbalken vorfinden“.

Neuerdings hat MURRAY (I, 208) im Gegensatz hierzu nachzuweisen gesucht, dass *Caulerpa* mit *Chamaedoris*, *Struvea*, *Apjohnia* verwandt sei, also mit den Valoniaceen. Er stützt sich dabei eigentlich nur auf das Vorkommen ringförmiger Einschnürungen, einerseits an der Basis der Blätter gewisser *Caulerpa*-Arten (z. B. *C. ligulata*), andererseits an den Basalzellen der erwähnten Valoniaceen.

Von den beiden Meinungen kann nur eine richtig sein, eine genetische Reihe *Bryopsis* — *Caulerpa* — *Valoniaceae* (oder umgekehrt) anzunehmen wäre geradezu absurd. MURRAY selbst sieht den „Nutzen“ der mit Membranverdickung verbundenen Einschnürungen in einer „Festigung“ des Blattstieles resp. der Basalzelle. Damit giebt er aber selbst zu, dass es sich um eine Anpassung handelt, die man sich auch bei systematisch fernstehenden Formen unter gleichen Bedingungen in gleicher Weise zu Stande gekommen denken kann. Das Merkmal ist also systematisch wenig brauchbar.

Die Verwendung der gleichen Substanz als (hauptsächliches) Bau-

1) Sicheres Material (mit Zoosporangien) verdanke ich der Güte von Herrn Professor Dr. CRAMER.

2) Im Universitätsherbar Tübingen, von C. HOCHSTETTER auf den Azoren gesammelt. J. AGARDH (II, 30) zieht sie mit Zweifel zu seiner *Bryopsis vestita*.

material für die Membran wird nicht (oder doch viel weniger leicht) als „Anpassungserscheinung“ aufgefasst werden können. Ich sehe deshalb darin, dass sich bei *Bryopsis* aus der Membransubstanz ganz dieselben Sphaerokrystalle darstellen lassen wie bei *Caulerpa*, einen neuen, kräftigen Beweis dafür, dass gerade diese beiden Gattungen mit einander verwandt sind. Vielleicht ist es der kräftigste Beweis.

Die oben angeführten, negativ ausgefallenen Versuche, Sphaerokrystalle darzustellen, haben freilich unter diesem systematischen Gesichtspunkt nicht alle gleichen Werth. Ob Sphaerokrystalle entstehen, hängt nach dem bereits Mitgetheilten von zwei Bedingungen ab, von der Membransubstanz und von der Membrandicke. Bei den dickwandigen Arten (*Acetabularia*, *Chamaedoris* etc.) sind die negativen Resultate daher eindeutig, bei den dünnwandigen (z. B. *Udotea*, *Hali-meda*, *Derbesia*, einem Theil der *Bryopsis*-Arten) muss es unentschieden bleiben, ob das Ausbleiben der Sphaerite, trotz passender Behandlung, auf dem Fehlen der passenden Substanz oder auf der zu geringen Dicke der Membran beruht. Das letztere möchte ich für die *Bryopsis*-Arten vermuthen.

b) Die Membransubstanz.

Makrochemisch scheint die Membran von *Caulerpa prolifera* noch nicht untersucht worden zu sein, so sehr sie es verdienen würde.

Bei meinem Versuche, nach dem von E. SCHULZE angegebenen Verfahren (vergl. GILSON, II, S. 9) Cellulose aus dicken Stamm-Querschnitten herzustellen, löste sich beim längeren Kochen mit 2,5 pCt. Schwefelsäure alles, bis auf Fetzen der „Cuticula“. Auch das Gemisch von Kaliumchlorat und Salpetersäure (sp. Gew. 1,15), das die Schnitte nach dem Kochen mit Schwefelsäure noch zu passiren gehabt hatten, griff in 14 Tagen die Substanz sehr stark an. Ein kurzer Aufenthalt genügte, um die Membran in 12 pCt. Natronlauge leicht löslich zu machen. Die Behandlung mit Eau de Javelle wirkte in gleichem Sinn.

Die *Caulerpa*-Membran besteht der Hauptmasse nach also jedenfalls nicht aus Cellulose im engeren Sinne. Das Verhalten gegen Jodpräparate und Lösungsmittel stimmt aber auch auf keinen der Stoffe, die sonst Membranen bilden oder in Membranen in Menge vorkommen (Callose, „Pilzcellulose“, Reservecellulose etc.). Es handelt sich offenbar um eine noch unbekannte Substanz, die der Cellulose gegenüber durch ihre optische Reaction charakterisirt sein dürfte, wenn nämlich der unveränderten Substanz dieselbe Reaction zukommt wie der bei Schwefelsäure-Einwirkung entstehenden Modification.

Mögen diese wenigen Bemerkungen die Anregung zu einer genaueren chemischen Untersuchung geben!

c) Die feinere Membranstructur.

Bei den Versuchen über die Entstehung der Sphaerokrystalle beobachtete ich, dass die *Caulerpa*-Membran nach bestimmten Eingriffen auch „Streifung“ zeigte, die ich früher (I, 298) vergeblich gesucht hatte. Es war dies der Fall bei Membranstücken, die Monate lang in 12procentiger Natronlauge oder 14 Tage in kaltem Macerationsgemisch (1 Theil Kaliumchlorat und 12 Theile Salpetersäure vom spec. Gew. 1,15) gelegen hatten.

Man sieht dann deutlich verschieden geneigte Streifensysteme, die verschiedenen Lamellen angehören (Fig. 18), die Längsrichtung scheint bevorzugt zu sein. Günstigen Falles sieht man auch, dass es sich um kurze, spitz endigende helle Linien handelt, die concentrisch und tangential zu den Balkenansätzen orientirt sind (Fig. 19). Ich zweifle nicht daran, dass wir es mit einer feinen Fältelung von Lamellen zu thun haben, also mit derselben Structur, die, nach meinen früheren Untersuchungen (I), die Membranen von Cladophoraceen und Valoniaceen und die von *Bryopsis pachynema* besitzen.

Ohne hier des Näheren auf meine Versuche einzugehen, erwähne ich noch, dass ich die Faltenstreifung schon in der unveränderten Membran des Alkoholmaterialies, wenigstens stellenweise, bestimmt gesehen habe (nach Entfernung des Plasmas durch sorgfältiges Schaben), dass sie also vorgebildet ist. Sie wird aber erst durch die Einwirkung der Natronlauge und des Macerationsgemisches recht deutlich, indem die weichen Schichten substanzärmer und deshalb schwächer brechend werden. Die Faltung der dichten Schichten tritt dann mehr hervor.

Ich glaube, dass das gekörnelte Aussehen der Schichten, das man auf Membranquerschnitten wahrnimmt, und das von BÜTSCHLI (I, 39) mit aller Entschiedenheit als „Wabenstructur“ angesprochen wurde, durch die Querschnitte der Falten bedingt wird. BÜTSCHLI hat Längsschnitte und Flächenansicht gar nicht untersucht.

d) Die Membranzapfen.

So oft auch die Membran von *Caulerpa prolifera* untersucht worden ist, so scheint doch eine auffallende Structureigenthümlichkeit: centripetale Membranverdickungen in Zapfenform, unbeachtet geblieben zu sein. Sie sind beim Blatt viel zahlreicher als bei dem Stämmchen und fehlen den Wurzeln ganz.

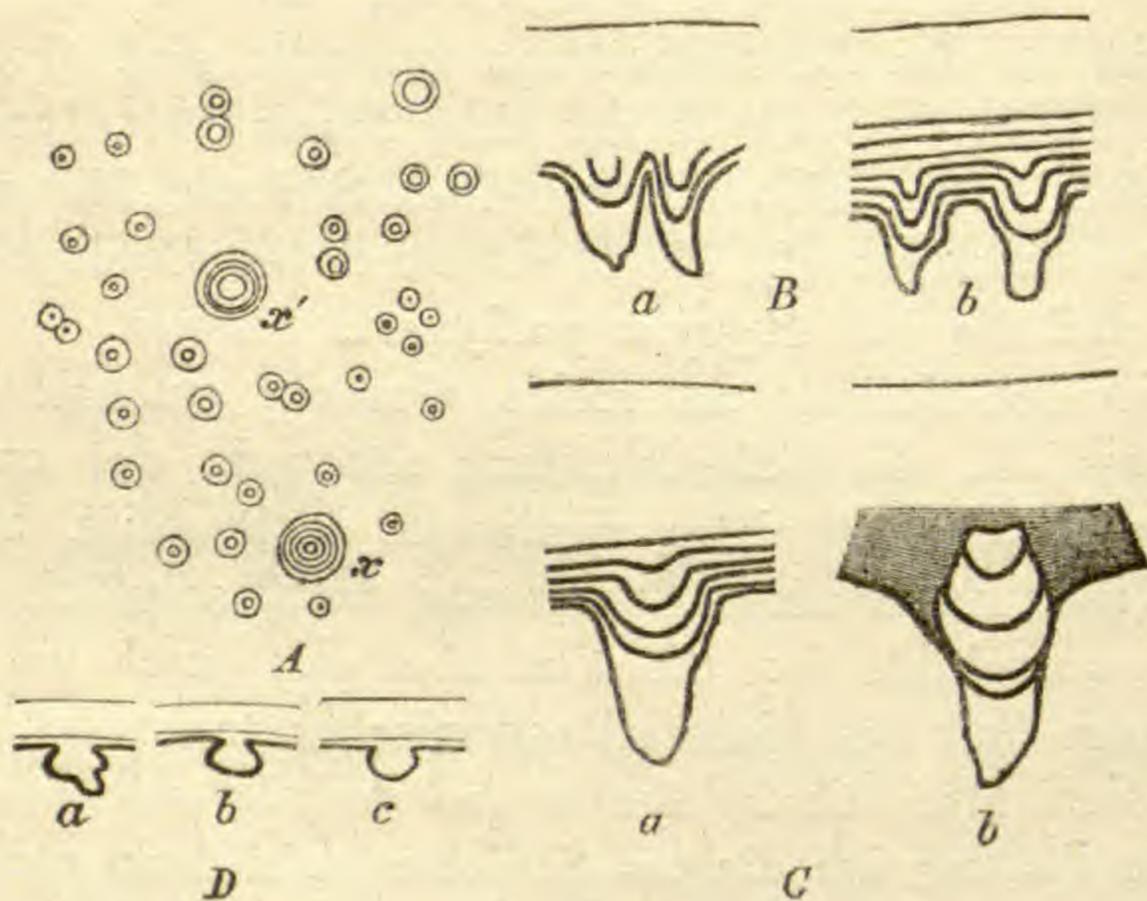
Sie fielen mir zunächst auf der Flächenansicht der Membran, nachdem das Plasma mit Eau de Javelle entfernt worden war, auf, als helle Ringe, reichlich zwischen die Ansatzstellen der Fasern eingestreut, diesen ähnlich, aber durch den schwankenden, immer jedoch merklich geringeren Durchmesser (ca. 4–6 μ) leicht zu unterscheiden

(Holzschnitt Fig. A). Eine bestimmte Anordnung lässt sich ebenso wenig wie bei den Ansatzstellen der Fasern erkennen.

Ist man erst einmal auf sie aufmerksam geworden, so erkennt man sie auch auf Membranquerschnitten leicht, besonders nach Entfernung des Plasmas mit Eau de Javelle oder Kalilauge. Es sind spitze oder stumpfe Vorsprünge, etwa halb so lang als die Membran, der sie aufsitzen, dick ist.

Ich fand sie regelmässig in jedem Blatt-Präparat von Material verschiedener Herkunft, es handelt sich also nicht um eine Abnormität.

Die Zapfen entstehen, wie mir aus Längsschnitten durch die fortwachsende Blattspitze hervorzugehen schien, nachträglich, wenn die Membran im Wesentlichen ihre Dicke erreicht hat, durch eine auf be-



Membranzapfen der Caulerpen. A Blattmembran von *C. prolifera* in der Flächenansicht, mit den Membranzapfen und zwei Ansatzstellen von Balken, $x x'$. B, a, b Querschnitte durch die Blattmembran derselben Alge, mit Zapfen. C, a, b Querschnitt durch die Blattmembran von *C. scalpelliformis*, mit Zapfen. D, a, b, c Querschnitte durch die Blattmembran von *C. macrodisca*, mit Zapfen. — Die Vergrößerung ist bei Fig. B—D eine viel beträchtlichere als bei Fig. A.

stimmte Punkte beschränkte Einlagerung von Substanz, also durch reine Intussusception. Die Einlagerung betrifft hauptsächlich die weichen Schichten und erstreckt sich mehr oder weniger tief in die Membran hinein. Die dichten Schichten werden vorgewölbt, wobei sie wohl auch ihrerseits wachsen werden. Es geht all' das ohne Weiteres aus dem Schichtenverlauf hervor, der gerade an solchen Stellen besonders deutlich ist. Eine Neubildung von Schichten durch „Spaltung“ scheint nicht vorzukommen¹⁾ (Fig. B, a, b).

1) Die Schichtung der *Caulerpa*-Membran wird durch Wassergehalts-Differenzen erkennbar. Wahrscheinlich wird hier, wie SCHWENDENER (I, 7) neuerdings

Der Schichtenverlauf erklärt auch, warum die Zapfen auf der Flächenansicht der Membran concentrisch geschichtet erscheinen.

Die Zapfen können natürlich nicht als „rudimentäre“ Balken gedeutet werden, sie entstehen ja erst später und auf ganz andere Weise. Ob sie irgendwelche Functionen besitzen, muss dahingestellt bleiben. Man könnte sie für eine Art Cystolithen halten, doch konnte ich keinen grösseren Gehalt an anorganischer Substanz in ihnen nachweisen. Abgesehen von den Zäpfchenrhizoiden der Marchantiaceen kenne ich nur einen ähnlichen Fall centripetaler Membranverdickung, es sind das die Stacheln, die nach J. AGARDH (II, 117) und F. HEYDRICH (I, 469) als seltene Erscheinungen in den Zellen von *Dictyosphaeria favulosa* (C. Ag.) vorkommen, übrigens einer genaueren Beschreibung sehr bedürftig sind.

Die Zapfen kommen nicht nur bei *Caulerpa prolifera* vor. Von den 13 Sectionen und 64 Arten, die J. AGARDH in seiner Monographie (I) aufstellte, konnte ich die Blätter von 11 Sectionen und 19 Arten untersuchen¹⁾. Davon besaßen 12 Arten die Zapfen. Mit einer Ausnahme verhielten sich die Arten einer Section gleich.

Die Zapfen fanden sich vor bei:

- Sectio IV. **Zosteroideae** (*C. ligulata*).
- „ V. **Phyllanthoideae** (*C. prolifera*).
- „ VI. **Filicoideae** (*C. scalpelliformis*, *C. denticulata*, *C. crassifolia*, *C. plumaris*).
- „ VIII. **Thuyoideae** (*C. Freycinetii*, *C. cupressoides*).
- „ XII. **Sedoideae** (*C. racemosa*, *C. clavifera*, *C. macrodisca*).
- „ XIII. **Opuntioideae** (*C. cactoides*).

Die Zapfen fehlten bei:

- Sectio II. **Charoideae** (*C. [Stephanocoelium] verticillata*).
- „ VII. **Hippuroideae** (*C. Harveyi*).
- „ IX. **Lycopodioideae** (*C. Brownii*).
- „ X. **Araucarioideae** (*C. hypnoides*, *C. Mülleri*).
- „ XII. **Sedoideae** (*C. cylindracea*, *C. simpliciuscula*).

Die zwölfte Section, die zäpfchentragende und zäpfchenlose Arten umfasst, ist nicht natürlich. Jedenfalls gehören die zwei zäpfchenlosen Arten zusammen, obwohl AGARDH sie weit auseinander stellt und die

für *Rivularia*-Scheiden bewies und ich früher für alle Fälle vermuthet hatte, der äussere Theil jeder apponirten Lamelle wasserreicher. Jede Lamelle differenzirt sich also in zwei Schichten, eine dichte und eine weiche. In diesem Sinne habe ich oben das Wort „Schicht“ gebraucht.

1) Das meiste Material für diese vergleichende Untersuchung stammt aus dem Universitätsherbar zu Leipzig, dessen Custos, Herr Professor Dr. AMBRONN, mir alle *Caulerpen* zur Ansicht freundlichst übermittelte. Ich revidirte die Bestimmungen an der Hand von AGARDH's Monographie und KÜTZING's „Tabulae“.

zäpfchentragenden dazwischen hineinschiebt. Ebenso sicher ist, dass die siebente Section mit der neunten und zehnten nächstverwandt ist, wenn man alle Merkmale berücksichtigt, und dass nicht die achte, zäpfchentragende Section zwischenhinein gestellt werden darf.

Es wird aber nicht nur die Existenz und das Fehlen der Zäpfchen systematisch verwendbar sein, auch die Grösse, Form und Zahl wird brauchbare Anhaltspunkte bieten. Die grössten Zapfen besitzt unter den von mir untersuchten Arten *Caulerpa scalpelliformis* (Fig. C, a, b); bei *C. macrodisca* stellen sie kleine Blasen vor (Fig. D, a, b, c), einen extremen Fall bilden die grossen, ganz flachen Warzen, die in grosser Menge die Innenfläche der Blattmembran von *C. cactoides* bedecken.

Verzeichniss der benutzten Litteratur:

- AGARDH, J. G., I. Till Algernes Systematik, I. *Caulerpa*. Lunds Univ. Årsskr. Tom. IX (1872).
 — II. Till Algernes Systematik, VIII. *Siphoneae*. Ibid. Tom. XXIII.
 BÜTSCHLI, O., Vorläufiger Bericht über fortgesetzte Untersuchungen an Gerinnungsschäumen, Sphaerokrystallen etc. Verh. des naturhist. med. Vereins zu Heidelberg, N. F., Bd. V. (1894).
 CORRENS, C., Zur Kenntniss der inneren Structur einiger Algenmembranen. ZIMMERMANN's Beitr. z. Morphol. und Physiol. der Pflanzenzelle, Bd. I, S. 241 f.
 CRAMER, C., Ueber das Verhalten des Kupferoxydammoniaks etc. Vierteljahrschr. d. naturf. Gesellsch. in Zürich, 23. Nov. 1857 (cit. nach dem Sep.-Abdr.).
 GILSON, E., I. La cristallisation de la cellulose et la composition chimique de la membrane cellulaire végétale. Extrait de la Revue „La Cellule“, t. IX, 2^e fascicule (1893).
 — II. Recherches chimiques sur la membrane cellulaire des champignons. Ibid. t. XI, 1^r fascicule (1894).
 HEYDRICH, F. Beiträge zur Kenntniss der Algenflora von Kaiser-Wilhelms-Land (Deutsch Neu-Guinea). Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch., Bd. X, S. 458 (1892).
 LEITGEB, H., Ueber Sphaerite. Mitth. d. botan. Instit. zu Graz. H. 2.
 MURRAY, G., On new species of *Caulerpa*, with observations on the position of the genus. Transact. of the Linnean Society, 2nd Ser. Botany, Vol. III, Part 4 (1891).
 NAEGELI und SCHWENDENER, Das Mikroskop. II. Aufl. (1877).
 NOLL, FR., Experimentelle Untersuchungen über das Wachsthum der Zellmembran. Abhandl. der Senckenb. naturf. Ges., Bd. 15 (1887).
 SCHWENDENER, S., Zur Wachsthumsgeschichte der Rivularien. Sitz.-Ber. der kgl. preuss. Akad. der Wissensch. zu Berlin, 26. Juli 1894 (cit. n. d. S.-A.).
 WILLE, N., *Caulerpaceae* in ENGLER und PRANTL, Die natürlichen Pflanzenfamilien. I. Theil (1890).

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Figuren wurden mit ZEISS' Apochromat 2 mm von freier Hand gezeichnet und beziehen sich auf *Caulerpa prolifera*.

- Fig. 1. Verschieden grosse Sphaerokristalle in homogener Grundsubstanz liegend, x die sphaeritfreie Zone.
- „ 2. Membranquerschnitt (vom Stämmchen), theilweise in Sphaerokristalle verwandelt.
- „ 3—6. Mehr oder weniger zusammengesetzte Sphaerokristalle.
- „ 7, 8. Abschnitte von Membranstücken, die sich im Wesentlichen in je einen zusammengesetzten Sphaerokristall verwandelt haben.
- „ 9, 10. Sphaerokristalle aus Membransubstanz, die noch wenig veränderte (nur gequollene) Balkenenden einschliessen.
- „ 11, 12. Balkenstücke, in Sphaerite zerfallend oder zerfallen, x der centrale Strang.
- „ 13. Vereinigungsstelle mehrerer Balken. Im Innern sind Sphaerokristalle entstanden.
- „ 14. Sphaerokristalle mit Radialstreifung.
- „ 15. Sphaerokristalle mit durch Druck entstandenen Rissen.
- „ 16, 17. Auftreten einzelner Sphaerokristalle in der verquollenen Membransubstanz.
- „ 18. Streifung von einem mit Kaliumchlorat und Salpetersäure behandelten Membranstück; x, x die Ansatzstellen zweier Balken.
- „ 19. Streifung einer Membranlamelle; x Ansatzstelle eines Balkens.

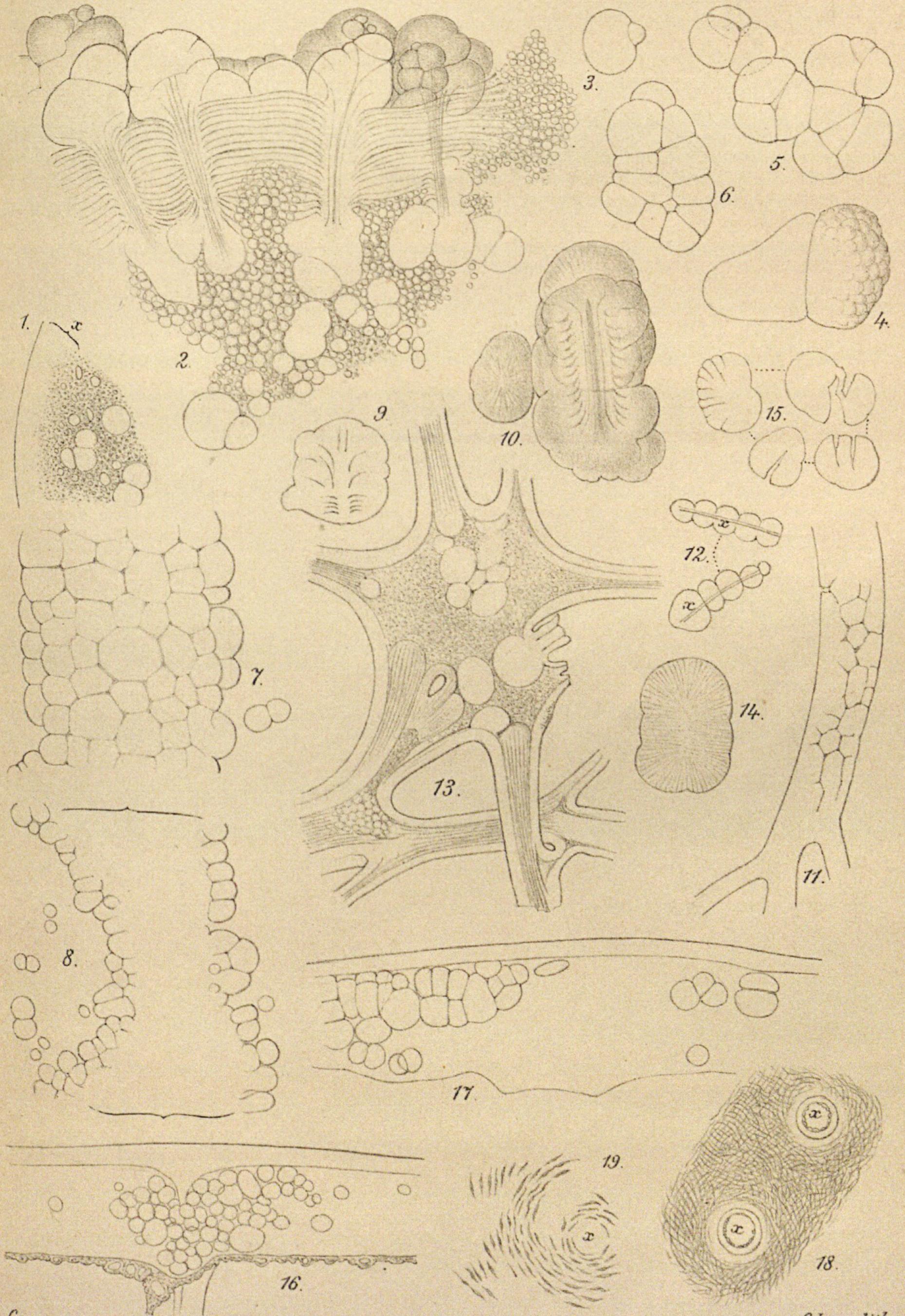
49. G. Haberlandt: Ueber Bau und Function der Hydathoden.

Mit Tafel XXIV.

Eingegangen am 23. December 1894.

Während meines Aufenthaltes zu Buitenzorg auf Java beschäftigte ich mich am eingehendsten mit den wasserausscheidenden Organen des tropischen Laubblattes.

Es stellte sich sehr bald heraus, dass die Mannigfaltigkeit des histologischen Baues dieser Organe eine weit grössere ist, als bisher bekannt war. Abgesehen von den Gefässbündelenden mit Epithemen und „Wasserspalten“ darüber, über deren Bau wir namentlich durch die Untersuchungen DE BARY's und VOLKENS' unterrichtet sind, abgesehen ferner von den spaltöffnungslosen „Wassergrübchen“ der Laubblätter verschiedener Farne, mit denen sich neuerdings POTONIÉ eingehender beschäftigt hat, kommen besonders bei solchen Pflanzen, welche dem



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Correns Carl Erich

Artikel/Article: [Ueber die Membran von Caulerpa. 355-367](#)