Zur Kenntnis des Zellinhaltes von Derbesia.

Von **A. Ernst.**

Hierzu Tafel XXII.

Bei Gelegenheit physiologischer und entwicklungsgeschichtlicher Untersuchungen an Derbesia tenuissima, über welche an anderer Stelle berichtet werden soll, habe ich im Schlauchinhalte dieser Siphonee auffallend grofse und regelmäfsig gestaltete Kristalle aus Calciumoxalat gefunden. Bei höheren Pflanzen tritt Calciumoxalat in den verschiedensten Formen fast durchweg als Stoffwechselprodukt auf; das Vorkommen geformten Oxalates bei niederen Pflanzen, im besonderen bei Algen, ist dagegen erst für wenige Beispiele nachgewiesen. Es sei daher gestattet, an dieser Stelle über den für Derbesia neuen Inhaltskörper einige Angaben zu machen und denselben einige vorläufige Mitteilungen über Chloroplasten und Stärkebildung, sowie über die geformten Proteinsubstanzen im Schlauchinhalte der im Mittelmeere vorkommenden Derbesiaarten [Derbesia Lamourouxii (J. Ag.) Sol., D. tenuissima (De Not.) Crouan und D. neglecta Berthold] vorausgehen zu lassen.

I. Zur Morphologie und Physiologie der Chloroplasten der Derbesiaarten.

Zur Charakterisierung einzelner Formen, wie auch zur Umschreibung weiterer und engerer Verwandtschaftskreise niederer Thallophyten bieten Morphologie und Entwickelungsgeschichte, auf welche sich die phylogenetische Systematik der höher differenzierten Pflanzen vorwiegend stützt, oft nur ungenügende Anhaltspunkte. Es ist daher in neuerer Zeit schon oft auf die Bedeutung des Zellinhaltes für die Umschreibung der systematischen Einheiten aufmerksam gemacht worden und einzelne der durch das Studium des Zellinhaltes neugewonnenen systematischen Merkmale, wie Form, Gröfse, Lagerung der Zellkerne und Chromatophoren, die Chromatophorenfarbstoffe, Assimilations- und Stoffwechselprodukte, sind mit Erfolg zur Bestimmung von Verwandtschaftsverhältnissen und zur Charakterisierung von Formenkreisen verwendet worden.[1]) Von besonders grofser Be-

1) S. z. B.: G. Lagerheim, Studien ü. d. Gattungen Conferva u. Mikrospora, Flora od. allg. bot. Zeitung 1889 pag. 179—210. — G. Klebs, Flagellatenstudien. Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. 55, 1892. — K. Bohlin, Zur Morphologie

deutung für die Gattungsdiagnose haben sich dabei Gestaltung und Anordnung der Chromatophoren, ihre Form, Gröfse, Färbung, das Vorkommen oder Fehlen von Pyrenoiden, Beschaffenheit und Bildungsort des ersten sichtbaren Assimilationsproduktes erwiesen. Auf Grund von Verschiedenheiten in diesen Merkmalen sind vermeintliche Entwicklungsstadien einer Art als selbständige Arten oder selbst als Vertreter verschiedener Gattungen [1]) erkannt worden. Aus einzelnen artenreichen, aber ungenau umschriebenen Gattungen [2]) wurden heterogene Gruppen ausgeschieden und die genauere Untersuchung der auf Grund cytologischer Merkmale getrennten Formen hat dann gewöhnlich auch weitere Unterschiede derselben im Entwicklungsgange und in der äufseren Gestaltung ergeben.

Zu diesen bekannten Tatsachen steht meine Wahrnehmung in einem gewissen Gegensatze, dafs bei zweien der drei untersuchten Derbesiaarten, bei D. Lamourouxii und D. tenuissima eine aufserordentliche Veränderlichkeit der Chloroplasten zu beobachten ist, und namentlich dafs diejenigen beiden Arten (D. tenuissima und D. neglecta), welche auf Grund aller übrigen Merkmale als ganz nahe verwandt bezeichnet werden müssen, auffallende Unterschiede in der Beschaffenheit der Chloroplasten und in der Art der Stärkebildung zeigen.

Die Chloroplasten von Derbesia Lamourouxii stimmen in ihrer Gestaltung mit den seit den Untersuchungen von Schmitz [3]) und Schimper [4]) oft beschriebenen und abgebildeten Chloroplasten der Gattung Bryopsis überein. Die Innenfläche der bis 2 mm dicken

---

und Biologie einzelliger Algen. Ofvers. K. Sv. Vet.-Akad. Förh. 1897. — K. Bohlin, Utkast till de gröna Algernas och Arkegoniaternas Fylogeni. Upsala 1901. — A. Luther, Über Chlorosaccus nebst einigen Bemerkungen zur Systematik verwandter Algen. Bihang till Sv. Vet.-Akad. Handlingar Bd. 24 Nr. 13, 1899. — F. Blackmann und A. G. Tansley, A. Revision of the classification of the green algae. London 1903.

1) G. Klebs, Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen (Protosiphon-Botrydium). Jena 1896.

2) G. Lagerheim, l. c. und Über das Phycoporphyrin, einen Conjugatenfarbstoff. Videnskabs-Selskabets Skrifter. I. Math.-naturv. Kl. 1895. Sep.-Abdr. pag. 10. — A. Ernst, Siphoneenstudien I. (Dichotomosiphon-Vaucheria) Beih. z. bot. Zentralbl. Bd. XIII Heft 1, 1902.

3) Fr. Schmitz, Die Chromatophoren der Algen. Verh. d. naturh. Vereines d. pr. Rheinlande 40. Jahrg., 1883, Sep.-Abdr. pag. 100.

4) A. F. W. Schimper, Untersuchungen über die Chlorophyllkörper. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XVI, 1885, pag. 78.

und etwa 10 cm langen Schläuche kräftiger, an lichtreichen Standorten gewachsenen Pflanzen ist vollständig mit einer Schicht dicht gedrängter Chloroplasten bedeckt. Diese sind fast immer in der Längsrichtung des Schlauches gestreckt, spindelförmig oder unregelmäfsig gekrümmt, oft an den Enden scharf zugespitzt und in der Mitte am breitesten (Fig. 1 Taf. XXII). Ihre Länge kann 17—35 μ, ihre gröfste Breite 5—7,5 μ betragen. In dem gleichmäfsig gelblichgrünen Stroma dieser grofsen Chloroplasten von Lichtpflanzen finden sich ausnahmslos als Einschlüsse die durch hellere Färbung scharf hervortretenden Pyrenoide. In kürzeren Chloroplasten findet sich gewöhnlich ein einziges im mittleren Teile, in den langgestreckten dagegen sind 2—3 Pyrenoide nicht selten. Reaktionen und Färbungen an fixiertem Material ergeben die vollständige Übereinstimmung der Pyrenoide mit denjenigen von Bryopsis. Der kristalloidähnliche Pyrenoidkörper ist aus Proteinsubstanzen aufgebaut und wenigstens in den Chloroplasten älterer Schlauchteile von einer gröfseren Zahl von Stärkekörnern oder sogar von einer dichten Schale kleiner, verklebter Stärkekörnchen umgeben. Andere Stärkekörner sind gewöhnlich im ganzen mittleren Teile der Chloroplasten, seltener auch in gröfserer Entfernung von den Pyrenoiden nachzuweisen.

In der beschriebenen Gestalt und Differenzierung gelangen die Chloroplasten nur unter den günstigsten Vegetationsverhältnissen zur Ausbildung. Man findet nicht selten vegetativ gut ausgebildete Pflanzen mit fast lückenloser Chlorophyllschicht, deren Körner aber auffallend kleiner sind und wie die in Figur 2 Taf. XXII dargestellten, sogar nur 2—5 μ Länge und 1—2 μ Breite haben. In diesen kleinen scheibenförmigen Chloroplasten sind weder am lebenden Objekte noch durch Reaktion und Färbungen am fixierten Material unzweifelhaft Pyrenoide nachzuweisen. In denselben findet ebenfalls Stärkeproduktion statt. Die entstehenden Stärkekörner sind entweder in der Mitte des Chloroplasten in gröfserer Zahl angehäuft oder ungleichmäfsig im ganzen Stroma des Chloroplasten zerstreut. Die verschiedene Gestaltung der Chloroplasten wird namentlich durch die Intensität des Lichtes bestimmt. Lichtpflanzen zeigen gut ausgebildete Chloroplasten, Pflanzen von beschatteten Standorten oder aus gröfserer Tiefe dagegen weniger gut entwickelte. Für experimentelle Untersuchungen ist D. Lamourouxii wenig geeignet. In der Kultur hält sie sich wohl längere Zeit, ist aber nur selten in normaler Weise zur Weiterentwicklung zu bringen. Die beiden andern, zarter gebauten und im Habitus an

Vaucheria erinnernden Arten, die in den grofsen Aquarien der zoologischen Station zu Neapel als ständige Gäste zu finden sind und sich sehr leicht kultivieren lassen, bieten hiefür geeigneteres Untersuchungsmaterial.

Bei Derbesia tenuissima sind unter günstigen Kulturbedingungen die Chloroplasten denjenigen von Derbesia Lamourouxii ähnlich. Bei bester Ausbildung in den rasch wachsenden, meistens 30—60 μ breiten Schläuchen beträgt ihre Länge 12—26 μ, die Breite 1—5 μ. Am lebenden Objekte sind in dem Stroma der Chloroplasten die Pyrenoide als hellere, stark lichtbrechende Kugeln (Fig. 3 Taf. XXII) wahrzunehmen. Sie bestehen wiederum aus dem eigentlichen eiweifshaltigen Pyrenoid und einer bei dieser Art gewöhnlich so dichten Schale aus Stärkekörnern, dafs nach Einwirkung von Jodlösungen das Pyrenoid meistens gleichmäfsig blauviolett gefärbt erscheint. Dafs die Jodreaktion nur durch die Stärkehülle bedingt wird, kann am lebenden Material leicht gezeigt werden. Läfst man zu einem Präparate während der mikroskopischen Beobachtung destilliertes Wasser oder Leitungswasser hinzutreten, so nimmt man fast augenblicklich in allen Schläuchen als Folge rascher Endosmose neben anderen Vorgängen[1]), auf die hier nicht eingetreten werden kann, eine starke Quellung der Chloroplasten wahr. Als besonders quellungsfähig erweisen sich hiebei die Pyrenoidenkerne. Bei stärkerer Vergröfserung ist das Quellen derselben leicht zu verfolgen; die Stärkehülle wird bald in eine kleinere oder gröfsere Anzahl von Teilstücken zersprengt, die sich in dem inzwischen zu einer Kugel zusammengeflossenen Stroma verteilen, während der eiweifsartige Kern des Pyrenoids zum Teil vollständig in Lösung geht. Läfst man zu einem solchen Präparate mit starkgequollenen und desorganisierten Chloroplasten nunmehr Jodlösung treten, so färben sich innerhalb des homogenen Stromas die Teilstücke der früheren Pyrenoiden-Stärkehülle blau, die Reste des Pyrenoidenkerns gelb bis gelbbraun.

Wird eine am Fenster gewachsene Kultur von Derbesia tenuissima mit typisch gestalteten, langgestreckten und pyrenoidenhaltigen Chloroplasten in einiger Entfernung vom Fenster aufgestellt, so ändert sich die Gestalt der Chloroplasten je nach dem Grade der Lichtabnahme nach längerer oder kürzerer Zeit. Unter gleichzeitiger Verkürzung schwellen sie in der Mitte kugelig an, so dafs sie zunächst (Fig. 4 Taf. XXII) gedrungen spindelförmig, in einem späteren Stadium

1) S. z. B. G. Berthold, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XIII, 1882, pag. 703.

(Fig. 5 Taf. XXII) scheibenförmig oder ellipsoidisch werden. Mit der Veränderung der Gestalt gehen auch Änderungen der inneren Struktur einher. Schon nach einigen Tagen sind deutliche Pyrenoide nur noch in wenigen Chloroplasten vorhanden. An deren Stelle im mittleren Teile der Chloroplasten ist etwa noch ein Häufchen Stärkekörner wahrzunehmen, in späteren Stadien (Fig. 5 Taf. XXII) ist auch durch Reaktionen und Färbungen von den Pyrenoiden nichts mehr nachweisbar. Vereinzelte Stärkekörner finden sich dagegen unregelmäfsig im ganzen Stroma verteilt.

Wird die Kultur hierauf wieder hell beleuchtet, so nehmen die Chloroplasten in den jüngeren Schläuchen nach und nach die frühere langgestreckte Form an und es werden in denselben wiederum Pyrenoide mit Stärkehüllen erzeugt. Es bilden also offenbar die Pyrenoide bei Derbesia Lamourouxii und tenuissima nicht konstant vorhandene Organe der Chloroplasten. Die beiden Derbesiaarten zeigen vielmehr im Verhalten der Pyrenoide eine gewisse Übereinstimmung mit Botrydium, für welche Siphonee Klebs[1]) gezeigt hat, dafs die in den Chloroplasten der jungen Pflanzen vorhandenen grofsen Pyrenoide im normalen Entwicklungsgang fortwährend an Gröfse abnehmen, in ausgewachsenen Pflanzen vollständig verschwunden sind und nicht wieder erzeugt werden. Bei den beiden besprochenen Derbesien dagegen ist das Vorkommen oder Fehlen von Pyrenoiden nicht vom Alter der Pflanze, sondern von der Intensität des Lichtes abhängig. Bei ungenügender Beleuchtung bleiben die Chloroplasten klein, deutliche Pyrenoide sind nicht vorhanden und die Stärke ist im ganzen Stroma zerstreut; im Lichtoptimum sind die Chloroplasten langgestreckt, mit 1—3 Pyrenoiden („Stärkeherden“) versehen, die von Stärkekörnern in grofser Zahl umgeben sind. Abnahme der Lichtintensität bewirkt Verkürzung der Chloroplasten, Auflösung der Pyrenoide; Steigerung der Lichtintensität bis zum Optimum dagegen Streckung und Oberflächenvergröfserung sowie Neubildung der Pyrenoide.

Bei Derbesia neglecta ist die bei den zwei anderen Arten unter dem Einflusse des Lichtmangels entstehende Form der Chloroplasten die typische. Unter allen Vegetationsbedingungen, welche ihr Gedeihen überhaupt erlauben, ändern sich Gestalt und Struktur ihrer Chloroplasten nur wenig. Sie zeigen stets die Form kreis-

---

1) G. Klebs, Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen (Jena 1896) pag. 224.

förmiger oder ovaler Scheiben (Fig. 6—8 Taf. XXII) mit einem Längsdurchmesser von 1,5 —3,5 μ und einem Querdurchmesser von 0,5—2,5 μ. Wie schon von Berthold[1]) und Schmitz[2]) beobachtet worden ist, fehlen Pyrenoide stets.

Jodreaktionen ergeben, dafs die Stärkebildung im Innern der Chloroplasten von Derbesia neglecta abweichend von den beiden anderen Arten stattfindet. Während bei D. Lamourouxii und tenuissima auch in den pyrenoidenlosen Chloroplasten stets scharf umschriebene Stärkekörner im Stroma gebildet werden und bei gleichzeitiger Einwirkung von Chloralhydrat und Jodlösung die gequollenen Stärkekörner sich blau färben, das ebenfalls gequollene Stroma gelb bis gelbbraun gefärbt wird, zeigen die Chloroplasten von D. neglecta stets einheitliche Reaktion. Ein Teil der Chloroplasten (die grofse Mehrzahl in jungen Schlauchteilen) wird durch Jod gleichmäfsig gelb bis braun gefärbt; sie sind stärkeleer. Stärkehaltige Chloroplasten dagegen zeigen je nach dem Grade des Stärkegehaltes verschiedene Reaktion; ein geringer Stärkegehalt bedingt eine graubraune, ein gröfserer Gehalt eine bläuliche bis blauschwarze Färbung. Namentlich in älteren Schlauchteilen finden sich aufser den grünen, mehr oder weniger stärkehaltigen Körnern ähnlich gestaltete, farblose (Fig. 6—8 Taf. XXII), welche sich bei Zusatz sehr verdünnter Jodlösung blau färben, bevor irgend welche Farbenänderung der grünen Chloroplasten erfolgt. Sie scheinen aus reiner Stärke zu bestehen und sind demnach nicht mehr als stärkehaltige Chloroplasten, sondern als Stärkekörner zu bezeichnen.[3]) In den chlorophyllosen, als Rhizoiden funktionierenden Teilen sind stets gröfsere Mengen dieser Stärkekörner, dagegen keine oder nur wenige Chloroplasten im Plasma vorhanden.

---

1) G. Berthold, Zur Kenntnis der Siphoneen und Bangiaceen. 1. Einiges über d. Verhalten der Kerne bei marinen Siphoneen. Mitteilungen a. d. zoolog. Station zu Neapel Bd. 2, 1881, pag. 77. — Über d. Verteilung der Algen im Golfe von Neapel nebst einem Verzeichnis d. bisher beobachteten Arten. Mitteilg. d. zoolog. Station z. Neapel Bd. 3, 1882, pag. 500.

2) Fr. Schmitz, Die Chromatophoren der Algen. Sep.-Abdr. pag. 41.

3) Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs Solier bei seiner Untersuchung zum Teil nicht D. tenuissima, sondern D. neglecta vorgelegen hat, indem seine Zeichnungen Pl. IX, 12, 24 u. 25 für D. tenuissima unverständlich sind, wie ein Vergleich mit meinen Fig. 6—8 ergibt, dagegen wohl die Chloroplasten und Stärkekörner von Derbesia neglecta darstellen können. (A. J. Solier, Mémoire sur deux algues zoosporées [Derbésia]. Ann. d. Sc. nat. III série Bot. Tome VII, 1847, pag. 157—166 Pl. IX.)

Aus dem Vorstehenden ergibt sich also, dafs Derbesia neglecta, die in Morphologie und Entwickelungsgeschichte mit den anderen Derbesiaarten übereinstimmt und von Derbesia tenuissima nur durch genaue Messungen der Fadenbreite sowie der Dimensionen der Sporangien unterschieden werden kann, von denselben durch die Gestalt der Chloroplasten, das vollständige Fehlen der Pyrenoide und eine ganz andere Art der Stärkebildung wesentlich abweicht. Sie nähert sich mit den letzteren Merkmalen anderen Siphoneen, wie den Codiaceen, Caulerpaceen und Valoniaceen, für welche ähnliche Formen der Chloroplasten und dieselbe Art der Stärkebildung beschrieben worden sind.[1])

2. Die geformten Proteinsubstanzen im Schlauchinhalte von Derbesia Lamourouxii.

Beim Studium von Regenerationsvorgängen an Derbesia Lamourouxii fand Klemm[2]), dafs nach Verwundung, besonders aber nach Durchschneidung eines Derbesiaschlauches aus der Wunde Inhaltsbestandteile „explosionsartig“ ausgeschleudert werden. Unter den ausgestofsenen Massen traten Gebilde zweierlei Art hervor: „Die einen sind unregelmäfsig faserige Gebilde, sie werden einzeln oder in Gruppen ausgestofsen und haben dann häufig unregelmäfsig sternartige Form. Die anderen sind kugelige Gebilde von deutlich radialfaseriger Struktur und aufserdem häufig concentrischer Schichtung“. Diese letzteren, von denen Klemm nur angibt, dafs sie mit Jod sich gelb färben, sind von Küster[3]) eingehend untersucht und auf Grund ihres optischen und chemischen Verhaltens als Sphärokristalle aus eiweifsartiger Substanz bestimmt worden. In bezug auf die Entstehung derselben war Küster wie Klemm der Ansicht, dafs diese Sphärite nicht als Inhaltskörper der lebenden Zelle, sondern als Gebilde aufzufassen seien, die erst bei der Verwundung der Zelle,

---

1) Literaturangaben: A. Ernst, Siphoneenstudien I, Beih. z. bot. Zentralbl. 1902 Bd. XIII Heft 1 pag. 128, und Siphoneenstudien II, Beih. z. bot. Zentralbl. 1904 Bd. XVI Heft 2 pag. 201.

2) P. Klemm, Über die Regenerationsvorgänge bei den Siphonaceen. Flora od. allg. Bot. Zeitung. Bd. 78 Jahrg. 1894 pag. 24; siehe auch: E. Bruns, Über die Inhaltskörper der Meeresalgen. Flora Bd. 79, Ergänzungsbd. z. Jahrg. 1894 pag. 170.

3) E. Küster, Über Derbesia und Bryopsis. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. XVII pag. 78.

häufig sogar erst aufserhalb der letzteren entstehen. Er nahm an, dafs sie durch einen Desorganisationsprozefs aus dem Plasma selbst hervorgehen beim Ausschleudern desselben aus der Wunde, also gleichsam durch eine in sehr kurzer Zeit erfolgende Umlagerung der plasmatischen Substanz und Kristallisation der entstehenden Eiweifskörper zu geschichteten Sphärokristallen gebildet würden. Diesen Angaben gegenüber wurde von Noll[1]) festgestellt, dafs sowohl Sphärite als auch die faserigen Gebilde schon vor der Verletzung im Zellsafte von Derbesia und Bryopsis vorkommen, die wasserhellen, in ihrem Lichtbrechungsvermögen von ihrer Umgebung sich nur wenig unterscheidenden Kugeln zudem noch durch das Plasma mit seinen derben Einschlüssen verdeckt sind und daher der Beobachtung leicht entzogen werden. „Ihre Anwesenheit im Zellsafte der unverletzten Pflanze verrät sich aber sofort, wenn letztere einem wechselnden gelinden Drucke unterworfen wird, wodurch der Zellsaft und die darin schwimmenden Kugeln in hin- und hergehende Bewegung versetzt werden. Sind hierbei die Kugeln dem Auge erst einmal bemerkbar geworden, so entgehen sie dem Blick aber auch in der Ruhe bei richtiger Einstellung nicht mehr so leicht. Unverletzte und gefärbte Schläuche der Derbesien lassen ebenfalls unzweifelhaft erkennen, dafs die sich unschwer tingierenden Kugeln in wechselnder Zahl im Innern verteilt sind.“ Die faserartigen Gebilde[2]) kommen mit den Sphäriten ebenfalls im Zellsafte vor und bestehen wie diese aus Eiweifssubstanzen. Sie bedingen, wenn sie in gröfserer Menge vorkommen, die starke Fluorescenz der Derbesiaschläuche[3]) und behalten ihre besondern optischen Eigenschaften auch während einiger Zeit aufserhalb der lebenden Pflanze bei. Im durchgehenden Lichte erscheinen sie gelblich oder schwach ziegelrot, im auffallenden Lichte dagegen fluorescieren sie schön blaugrün.

Proteinsphärite und Fasergebilde habe ich nicht nur bei Derbesia Lamourouxii, sondern auch bei D. neglecta und tenuissima häufig beobachten können. Bei Derbesia tenuissima sind sie in älteren, gut beleuchteten Kulturen am zahl-

---

1) F. Noll, Die geformten Proteine im Zellsafte von Derbesia. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. XVII, 1899, pag. 304.

2) F. Noll, Experimentelle Untersuchungen über das Wachstum der Zellmembran. Abhandl. der Senkenberg. naturf. Ges. Bd. XV, 1887, pag. 147/148.

3) M. Golenkin, Algologische Notizen. 4. Die fluorescierenden Körper von Derbesia Lamourouxii. Bulletin d. l. Société Imp. d. Naturalistes de Moscou T. VIII, 1895, pag. 269.

reichsten und die angehäuften Fasergebilde bedingen ebenfalls eine starke Fluorescenz. Unter weniger günstigen Kulturbedingungen nehmen Sphärite und Fasergebilde rasch an Zahl ab und verschwinden schliefslich vollständig. Sie sind also jedenfalls, wie Noll angibt, als im Überschufs produzierte und als Reservestoffe auskristallisierte Eiweifssubstanzen zu bezeichnen, die unter ungünstigeren Verhältnissen wieder aufgelöst und in den Stoffwechsel einbezogen werden können.

Bei Derbesia Lamourouxii können diese Reserveproteinsubstanzen noch in einer weiteren Form als Proteinkristalloide zur Speicherung gelangen.

Das Vorkommen von Proteinkristalloiden, die in den Zellen der höheren Pflanzen sowohl in den verschiedenen Teilen des Protoplasmas, im Zellkern, in den Chromatophoren, im Cytoplasma, als auch im Zellsaft so häufig enthalten sind, ist auch schon längst für niedere Pflanzen, Algen und Pilze bestätigt worden. Bei Rotalgen wurden sie zuerst von Cramer[1]) bei marinen Grünalgen von Klein[2]) nachgewiesen. In seiner zusammenfassenden Arbeit bespricht Klein die Proteinkristalloide von 12 Gattungen mariner Algen (7 Gattungen von Rotalgen mit 15 Arten und 5 Gattungen von Grünalgen mit je 1 Art). Von den untersuchten marinen Grünalgen zeigten Proteinkristalloide Acetabularia mediterranea Lamour., Codium Bursa Ag., Dasycladus clavaeformis Ag., Cladophora prolifera (Roth.) Ag. und (Bryopsis Balbisiana Lamour.) Derbesia Lamourouxii (J. Ag.) Solier. Von Derbesia standen Klein nur zwei getrocknete Exemplare zur Verfügung, von denen das eine in reichem Mafse Kristalloide aufwies, während sie dem anderen vollständig fehlten. Seither ist das Vorkommen von Proteinkristalloiden bei Derbesia Lamourouxii von Berthold[3]) und Wakker[4]) auf Grund von Untersuchungen am lebenden Material bestätigt worden.

---

1) C. Cramer, Das Rhodospermin, ein kristallinischer, quellbarer Körper im Zellinhalt verschiedener Florideen. Vierteljahresschrift d. naturf. Ges. i. Zürich VII. Jahrg., 1862, pag. 350—365.

2) J. Klein, Algologische Mitteilungen. 1. Über die bei Meeresalgen beobachteten Kristalloide. Flora 60. Jahrg., 1877, pag. 290/291. — Neuere Daten über die Kristalloide der Meeresalgen. Flora 1880, 63. Jahrg., pag. 65—71. — Die Kristalloide der Meeresalgen. Jahrb. f. wiss. Bot. 1882, Bd. XIII. pag. 23—59.

3) G. Berthold, Studien über Protoplasmamechanik. Leipzig 1886 pag. 57.

4) J. H. Wakker, Studien über die Inhaltskörper der Pflanzenzelle. Jahrb. f. wissensch. Bot. Bd. XIX, 1888, pag. 469.

Auf Grund eingehender Untersuchung kann ich dieselben folgendermafsen charakterisieren. Wie die Eiweifssphärite und die faserigen Gebilde sind auch diese Eiweifskristalloide von Derbesia Lamourouxii im Zellsafte der Schläuche enthalten und an lebenden Pflanzen der dichten Chlorophyllschicht wegen gewöhnlich nicht wahrnehmbar; aus verwundeten oder durchschnittenen Schläuchen werden sie in gröfserer Zahl mit dem Zellsaft und Plasmateilen ausgeschleudert.

Sie sind unlöslich in Meerwasser, destilliertem Wasser, Alkohol und Glyzerin. In verdünnten Mineralsäuren und in Essigsäure quellen sie rasch und stark auf, wobei die äufseren Schichten sich häufig als weniger quellungsfähig erweisen und infolge der stärkeren Quellung der inneren Schichten zerrissen und gespalten werden. In Kalilauge und in konzentrierten Säuren werden sie rasch vollständig gelöst. In Jodlösungen färben sie sich gelb bis gelbbraun; sie zeichnen sich ferner durch leichte Färbbarkeit mit Eosin, Säurefuchsin, Safranin, Methylenblau, Methylviolett etc. aus. Werden kristalloidhaltige Schläuche in einer wässerigen Tanninlösung gebeizt und nach sorgfältigem Auswaschen in destilliertem Wasser in 1 proz. Osmiumsäure übertragen, so erfolgt eine Braunfärbung der Kristalloide; Beizung mit 25 proz. Tanninlösung und Behandlung der ausgewaschenen Präparate mit Eisensulfatlösung bewirkt eine tiefblaue bis schwarze Färbung derselben. Auch mit dem Millon'schen Reagens, durch Xanthoprotein- und Biuretreaktion ist die Zugehörigkeit der Kristalloide zu den Proteinsubstanzen leicht nachzuweisen.

Nach ihrer Gestalt scheinen die Proteinkristalloide dem regulären Kristallsysteme anzugehören. Im polarisierten Lichte bleiben sie bei gekreuzten Nicols bei einer vollen Umdrehung immer dunkel. Sie erscheinen also optisch isotrop; da ihr Lichtbrechungsvermögen aber nur gering ist, ermöglicht ihr optisches Verhalten allein nicht, sichere Schlüsse zu ziehen. Sie kommen ausnahmslos in derselben Gestalt als Octaeder mit regelmäfsigen Flächen und scharfen Kanten vor und erscheinen demgemäfs im optischen Schnitte zum Teil als Quadrate, zum Teil als Rhomben (Fig. 9—12 Taf. XXII). Ebenso regelmäfsige Octaeder wie bei D. Lamourouxii finden sich bei Codium Bursa, adhaerens und elongatum, während bei Acetabularia mediterranea und Dasycladus clavaeformis ausschliefslich würfelförmige Kristalloide vorkommen. Es gehören also die Eiweifskristalloide aller dieser marinen Schlauchalgen mit ihren einfachen Holoederformen des regulären Systems dem vierten (Ricinus)

Typus, der von Schimper[1]) unterschiedenen Typen der Proteinkristalloide an.

Die Gröfse der Kristalloide von Derbesia Lamourouxii ist sehr verschieden. Die gröfsten zeigen eine Kantenlänge von 15—20 μ, die Mehrzahl der Kriställchen zeigt 2—7,5 μ Kantenlänge. Daneben finden sich aber häufig noch winzigkleine Formen von kaum 1 μ Länge. Nicht selten sind gröfsere und kleinere Kristalloide mit einander verklebt oder verwachsen (Fig. 12 Taf. XXII) und bleiben auch aufserhalb der Schläuche vereinigt.

In den wenig verzweigten, chlorophyllreichen Schläuchen von Derbesia Lamourouxii können bedeutend mehr Eiweifskörper gebildet werden als zur Bildung neuer Organe Verwendung finden. Ein Teil dieser Substanzen wird in den Chloroplasten selbst in Form von Pyrenoiden gespeichert, der gröfsere Teil aber von den Chloroplasten und von dem Cytoplasma dem Zellsafte zugeleitet.

In demselben können sie in drei kristallinischen Formen zur Ausscheidung gelangen: als faserartige Gebilde, die in ihrer Entstehung nach Noll auf kleine verquellende Kristallnadeln zurückzuführen sind, als kugelige Sphärokristalle und als Kristalloide des regulären Systems.

Von diesen drei Ausscheidungsformen der Proteinreservestoffe kommen Sphärite und Fasergebilde, die auch bei Derbesia tenuissima und neglecta nachgewiesen werden konnten, in den Schläuchen von Derbesia Lamourouxii unter günstigen Vegetationsbedingungen gleichzeitig und in grofser Menge vor. Dagegen scheint ihre Ausbildung das gleichzeitige Auftreten von Kristalloiden auszuschliefsen und umgekehrt sind Pflanzen, deren Schläuche sich durch Reichtum an Octaedern auszeichnen, arm oder ganz ohne Sphärite und Fasergebilde. Von den zahlreichen, in den Monaten März und April 1902 und 1903 in Neapel lebend untersuchten oder fixierten und konservierten Pflanzen enthielten merkwürdigerweise die meisten Sphärite und Fasergebilde, nur wenige Kristalloide. Wurden aber in einem Schlauche eines Rasens Eiweifskristalloide gefunden, so zeigten auch alle anderen Schläuche desselben die Eiweifssubstanzen in derselben Form ausgeschieden; nicht selten sind in einem Schlauche grofse und kleine Kristalloide einzeln oder teilweise zusammengekittet zu vielen Tausenden vorhanden. Es mufs

1) A. F. W. Schimper, Über die Kristallisation der eiweifsartigen Substanzen. Zeitschr. f. Kristallographie u. Mineralogie V. Bd., 1881, pag. 141.

weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, für dieses Vermögen von Derbesia Lamourouxii Eiweifssubstanzen in drei kristallinischen Formen auszuscheiden, vielleicht auf experimentellem Wege die richtige Erklärung zu finden. Da sich diese Schlauchalge nur schwierig kultivieren läfst, dürfte die Lösung dieser Aufgabe nur während eines längeren Aufenthaltes an einer Meeresstation möglich sein. Es würde sich bei diesen Versuchen offenbar zunächst darum handeln, festzustellen, ob Kristalloide führende Pflanzen immer nur Kristalloide und Pflanzen mit Sphäriten und Fasergebilden nur solche zu bilden imstande sind, mit anderen Worten, ob etwa in bezug auf Eiweifsbildung zwei physiologisch sich verschieden verhaltende Varietäten zu unterscheiden wären. Da wir gesehen haben, wie sehr Derbesia neglecta in bezug auf Chloroplasten und Stärkebildung von den beiden anderen Arten abweicht, wäre das Vorkommen physiologisch unterscheidbarer Varietäten an sich ja wohl denkbar. Für den Fall aber, dafs alle Individuen sowohl zur Kristalloid- wie auch zur Sphärit- und Faserkörperbildung befähigt sich ausweisen sollten, also je nach den Aufsenbedingungen bald Kristalloide, bald Sphärite und Fasergebilde oder vielleicht auch alle drei Formen gleichzeitig erzeugen, wäre noch die Frage zu entscheiden, ob die verschiedenen Kristallisationsformen auf stoffliche Verschiedenheiten hinweisen oder ob dieselben, etwa vergleichbar der Kristallisation des Calciumoxalates,[1]) nach dem tetragonalen oder monoklinen System und in Sphäritform, nur Erscheinungsformen einer und derselben Proteinsubstanz unter verschiedenen Kristallisationsbedingungen sind.

3. Die Calciumoxalatkristalle von Derbesia tenuissima (De Not.) Crouan.

Während in den Zellen der Phanerogamen Calciumoxalat sehr häufig und in mannigfaltiger Gestalt (Einzelkristalle des tetragonalen und monoklinen Systems, Kristallsand, Kristalldrusen, Sphärite und Raphiden) zur Ausscheidung gelangt, scheint es den Moosen und Gefäfskryptogamen[2]) vollständig zu fehlen und ist auch bei den Thallophyten nur wenig verbreitet. Im Pilzreich ist nach Kohl die Auf- und Zwischenlagerung von oxalsaurem Kalk eine all-

---

1) L. Kny, Über Kristallbildung beim Kalkoxalat. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. V, 1887, pag. 387—395.

2) F. G. Kohl, Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg 1889, pag. 22 ff.

gemein verbreitete Erscheinung, während er als Bestandteil des Zellinhaltes nur in wenigen Fällen nachgewiesen worden ist.

Bei den Algen fand Klein[1]) tetragonale Pyramiden und kleine Sphärite in zwei Spiridien; oxalathaltig sind nach den Untersuchungen von Klein[2]), Woronin[3]), Benecke[4]) auch einzelne Vaucheriaarten; Vaucheria De Baryana z. B. zeigt nach Woronin aufser Sphäriten, tetragonale Pyramiden und einfache und kreuzartig verwachsene Prismen. In Spirogyraarten[5]) wurden nadelförmige Prismen und kreuzartig verwachsene Prismen und bei der marinen Halimeda Tuna von Kohl wiederum langgestreckte Prismen und tetragonale Pyramiden gefunden.

In den Schläuchen von Derbesia tenuissima sind Calciumoxalatkristalle nicht gerade häufig, zeichnen sich dagegen stets durch relative Gröfse und schöne Ausbildung aus. An lebenden Pflanzen sind sie wie die Sphärite und Eiweifskristalloide von Derbesia Lamourouxii der dichten Chlorophyllschicht wegen gewöhnlich nicht wahrnehmbar; erst nach längerem Suchen gelingt es etwa, in weniger chlorophyllreichen Partien zufällig vorhandene grofse Kristalle aufzufinden (Fig. 15 Taf. XXII). Sie können dagegen sowohl in lebendem wie in fixiertem und konserviertem Material durch Anwendung einfacher Untersuchungsmethoden leicht gefunden werden. Läfst man zu angeschnittenen Schläuchen eines Objektträgerpräparates destilliertes Wasser hinzutreten, so bewirkt die starke endosmotische Wasseraufnahme neben der pag. 517 beschriebenen Quellung der Chloroplasten auch ähnliche Quellungserscheinungen im Protoplasma, wie sie von Berthold[6]) für Bryopsis beschrieben worden sind. Nach kurzer Zeit beginnen die gequollenen, mit dem Zellsafte vermischten Inhaltsmassen in allen angeschnittenen Schläuchen sich in Bewegung zu setzen und strömen langsam durch die Schnittflächen in das umgebende Wasser aus. Die Calciumoxalatkristalle werden bei diesen Inhaltswanderungen mitgerissen und sind infolge ihrer starken Licht-

---

1) F. G. Kohl, l. c. pag. 65.

2) J. Klein, Algologische Mitteilungen. 4. Über oxalsauren Kalk bei Algen. Flora 1877 pag. 315—319.

3) M. Woronin, Vaucheria De Baryana. Bot. Zeitg. Jahrg. 38, 1880, pag. 427.

4) W. Benecke, Über Oxalsäurebildung in grünen Pflanzen Bot. Zeitg. Jahrg. 61, 1903, pag. 86.

5) F. G. Kohl, l. c. pag. 64. — W. Benecke, l. c. pag. 89.

6) G. Berthold, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XIII, 1882, pag. 703.

brechung nunmehr schon bei schwächerer Vergrößerung leicht zu entdecken. Größere Kristalle werden am Ausströmen durch eingeengte Schlauchstellen (Fig. 14 Taf. XXII), Knickungen etc. häufig verhindert, verursachen bisweilen Stauungen oder wenn der gequollenen Masse noch ein Teil des Weges frei gelassen wird, die Ansammlung der nachfolgenden Kristalle. In den halb entleerten Schläuchen, wie auch im ausgetretenen Inhalte sind nun die Kristalle der eingehenden Untersuchung leicht zugänglich. Auch im konservierten Material werden die Kristalle durch Quellung und Zerstörung des übrigen Inhaltes sichtbar gemacht. Taucht man z. B. ein kleines Büschel Fäden aus der Konservierungsflüssigkeit einige Minuten in eine Jodlösung und überträgt sie hernach in eine concentrierte Chloralhydratlösung, so verquellen die Chloroplasten mit dem Plasma zu einer schwach bläulich gefärbten Masse, innerhalb welcher die farblos bleibenden und lichtbrechenden Kristalle scharf hervortreten.

Die Kalkoxalatkristalle von Derbesia tenuissima zeigen zwei Formen. Die einen sind Prismen mit quadratischer Grundfläche (Fig. 14, 16 u. 17 Taf. XXII), aber verschiedener Höhe. Sehr häufig ist sie ungefähr gleich der Seite der Grundfläche, so dafs würfelähnliche Prismen entstehen, in wenigen Fällen ist sie bedeutend kleiner, am häufigsten $1^1/_2$—3 mal so lang als die Seite der Grundfläche. Die zweite Form ist eine Kombination von Prisma und Pyramide. Über den quadratischen Grundflächen von meistens langgestreckten Kristallen erheben sich stumpfe Pyramiden, deren Höhe nur einen kleinen Bruchteil der Gesamthöhe beträgt (Fig. 15, 17 u. 18 Taf. XXII). Die Dimensionen dieser Kristalle sind im Vergleich zu der häufig nur 30—40 μ betragenden Schlauchweite relativ grofs. Die Seite der Grundfläche mifst gewöhnlich 5—12 μ; die Höhe des Prismas 5—36 μ, die Höhe der stumpfen Pyramide 2—3 μ. Der gröfste der beobachteten Kristalle (Fig. 15 Taf. XXII) hatte folgende Dimensionen:

Seite der Grundfläche .	14,85 μ	
Höhe des Prismas . . .	43,2 μ	Gesamthöhe 48,6 μ
Höhe der Pyramiden . .	2,7 μ	

Die frei im Wasser oder in Chloralhydrat liegenden Kristalle zeichnen sich durch ein starkes Lichtbrechungsvermögen aus. Im polarisierten Lichte verhalten sie sich je nach ihrer Lage verschieden. Fällt das polarisierte Licht parallel der Längsachse auf die Grundfläche von Prismen oder auf die Pyramidenflächen, so bleiben die Kristalle bei gekreuzten Nicols während einer vollen Umdrehung

dunkel; sie verhalten sich also in der Richtung der Längsachse wie eine isotrope Kristallplatte. Liegen die Kristalle dagegen, was bei den gröfseren fast immer der Fall ist, so, dafs die Prismenflächen vom Lichte getroffen werden, so erfolgt bei gekreuzten Nicols während einer Umdrehung um 360° viermalige Auslöschung. In den Zwischenlagen dagegen leuchten die Kristalle hell auf; sie sind also doppelbrechend. Ihre optischen Eigenschaften (optisch anisotrop, einachsig) ergeben demnach, dafs sie, wie ja schon die Betrachtung der einfachen und scharf ausgebildeten Formen vermuten läfst, als Holoeder des tetragonalen Kristallsystems, Prismen I. oder II. Art und Kombinationen solcher Prismen mit stumpfen Pyramiden derselben Art zu bezeichnen sind. Die verhältnismäfsig starke Doppelbrechung ermöglicht es auch, im polarisierten Lichte die Kristalle in lebenden Pflanzen und im fixierten Materiale ohne vorherige Desorganisation des Inhaltes aufzufinden und sich so über ihre Verteilung zu unterrichten. Es zeigt sich dabei, dafs die grofse Mehrzahl der Kristalle isoliert auftreten, daneben aber doch etwa Kristallgruppen (Fig. 16 u. 17 Taf. XXII) zu treffen sind. Die Untersuchung im polarisierten Lichte ergibt ferner, dafs die Kristalle nicht in allen Kulturen und nicht in allen Schlauchteilen derselben Pflanze gleich häufig sind. Ähnlich wie in den Blättern der höhern Pflanzen der Oxalatgehalt zuerst klein ist und mit dem Alter beständig zunimmt, sind die jüngsten Schlauchteile von Derbesia tenuissima arm, die älteren reicher an Calciumoxalatkristallen. Ungünstige Vegetationsbedingungen befördern die Oxalatbildung, indessen sind auch an älteren Pflanzen kristallreiche Schlauchstücke, wie das in Fig. 13 Taf. XXII dargestellte, Seltenheiten.

Gegenüber Reagentien zeigen die Kristalle von Derbesia tenuissima die bekannten Eigenschaften des Kalkoxalates. Sie sind unlöslich in Wasser, verdünnter und concentrierter Essigsäure, löslich dagegen in verdünnter und concentrierter Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure. Die Kristalle sind von einer dünnen Plasmahülle umgeben, welche in schwachem Mafse Eiweifsreaktion zeigt, mit Jodlösung gelblich, unter Einwirkung des Millon'schen Reagens schwach rötlich gefärbt wird. Bei Einwirkung der verdünnten Mineralsäuren erfolgt zunächst eine leichte Quellung dieser Plasmahülle und hierauf eine langsame, an der ganzen Oberfläche gleichmäfsig fortschreitende Abschmelzung der Kristalle. In concentrierter Salzsäure oder Schwefelsäure geht die Lösung fast momentan vor sich. Von Interesse ist das Verhalten der Kristalle bei Einwirkung von Kalilauge. Nach

Sanio[1]) und Zimmermann[2]) bleiben Kalkoxalatkristalle bei Behandlung mit Kalilauge zunächst unverändert. Nach einiger Zeit, meistens erst nach einigen Stunden sollen sie plötzlich gelöst, in der umgebenden Flüssigkeit dagegen gleichzeitig neue Kristalle in Gestalt sechseckiger Tafeln, vermutlich aus einem Kalium-Calcium-Doppelsalz, gebildet werden.

Die Lösung der Kalkoxalatkristalle von Derbesia tenuissima geht nicht nur in konzentrierter, sondern auch in verdünnter z. B. noch in 5proz. Lauge vor sich. Zu Beginn der Einwirkung z. B. einer 10proz. Lauge wird an dem in Lösung begriffenen Kristall (Fig. 18 und 18*a* Taf. XXII) ein rötlich schimmernder Saum — offenbar die quellende Plasmahülle — sichtbar. Die Lösung geht zunächst an der ganzen Oberfläche ziemlich gleichmäfsig vor sich, wobei Kanten und Flächen allerdings bald undeutlich werden, der abschmelzende Kristall sich abrundet. In der Richtung der Längsachse erfolgt später die Lösung stets etwas weniger rasch, so dafs noch während längerer Zeit fast die ursprüngliche Länge beibehalten wird. Nach einiger Zeit, häufig schon nach 10 Minuten bilden sich in der abgerundeten Oberfläche infolge ungleicher Abschmelzung Furchen, die immer tiefer in den Kristall einschneiden und denselben in Stücke zerlegen, die während der weiterschreitenden Lösung (Fig. 18 *c—g* Taf. XXII) häufig die Form sechseckiger Tafeln erhalten (Fig. 18*f* Taf. XXII). Diese bleiben bis zum Verschwinden im Zusammenhang oder werden getrennt und dann einzeln vollständig gelöst. Die Lösung des in Fig. 18 Taf. XXII dargestellten Kristalls erfolgte in der 10proz. Lauge in einer Stunde. Fig. 18*a* und *b* Taf. XXII zeigen das Aussehen desselben nach 5 und 10 Minuten, Fig. 18 *c – g* Taf. XXII nach je weiteren 10 Minuten. In konzentrierteren Laugen geht die Lösung entsprechend rascher vor sich; in einer 20proz. Lauge wurde z. B. ein prismatischer Kristall mit 12 μ Quadratseite und 18 μ Höhe in 10 Minuten vollständig gelöst.

Bei Derbesia Lamourouxii und neglecta habe ich bis jetzt keine Kalkoxalatkristalle nachweisen können.

Vor kurzem ist gezeigt worden[3]), dafs es möglich ist, einzelne

1) C. Sanio, Über die in der Rinde dicot. Holzgewächse vorkommenden kristallinischen Niederschläge und deren anatomische Verbreitung. Monatsber. d. Berl. Akad. d. Wiss. 1857, pag. 252.

2) A. Zimmermann, Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle. Breslau 1887, pag. 99. — Botanische Mikrotechnik. Tübingen 1892, pag. 58.

3) W. Benecke l. c. & M. Amar, Sur le rôle de l'oxalate de calcium dans la nutrition des végétaux. Compt. rend. d. s. de l'Acad. d. sc. de Paris, 6 avril 1903, pag. 901—903; 28 déc. 1903, pag. 1301—1303.

Phanerogamen mit oder ohne Kalkoxalat zu züchten; bei den von Benecke gleichzeitig untersuchten Algen Vaucheria fluitans, Spirogyra bellis und setiformis dagegen gelang eine ähnliche Beeinflussung des Oxalatgehaltes nicht. Vielleicht eignen sich zu ähnlichen Versuchen die marinen Derbesien besser und ist an denselben der Nachweis zu erbringen, ob das Vorhandensein oder Fehlen von Calciumoxalatkristallen als spezifisches Merkmal der Arten (D. tenuissima — D. Lamourouxii und neglecta) aufzufassen ist oder durch Änderungen der Aufsenbedingungen hervorgerufen werden kann. Ich hoffe hierüber in Verbindung mit der Besprechung anderer experimenteller Untersuchungen mit Derbesia berichten zu können.

Zürich, den 25. Mai 1904.

Literaturverzeichnis.

Amar, M., Sur le rôle de l'oxalate de Calcium dans la nutrition des végétaux. Compt. rend. d. s. de l'Acad. d. sc. de Paris T. 136, 6 avril 1903, pag. 901—903; T. 137, 28 déc. 1903, pag. 1301—1303.

Benecke, W., Über Oxalsäurebildung in grünen Pflanzen. Bot. Ztg. 61. Jahrg., 1903, pag. 79—110.

Berthold, G., Zur Kenntnis der Siphoneen und Bangiaceen. Mitteilungen a. d. zoolog. Station Neapel Bd. 2, 1881, pag. 72—82.

— — Über die Verteilung der Algen im Golf v. Neapel. Mitteilg. a. d. zoolog. Station z. Neapel Bd. 3, 1882, pag. 393—536.

— — Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Meeresalgen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XIII, 1882, pag. 569—717.

— — Studien über Protoplasmamechanik. Leipzig 1886.

Blackmann, F. F., & Tansley, A. G., A revision of the classification of the green Algae. London 1903.

Bohlin, K., Zur Morphologie und Biologie einzelliger Algen. Ofvers. K. Sv. Vet.-Akad. Förh. 1897, Nr. 9.

— — Utkast till de gröna Algernas och Arkegoniaternas fylogeni. Upsala 1901.

Bruns, E., Über die Inhaltskörper der Meeresalgen. Flora, 79. Bd., Erg.-Bd. z. Jahrg. 1894, pag. 159—178.

Cramer, C., Das Rhodospermin, ein kristalloidischer, quellbarer Körper im Zellinhalte der Florideen. Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. i. Zürich VII. Jahrg., 1862, pag. 350—365.

Derbès et Solier, Mémoire sur quelques points de la physiologie des Algues. Suppl. Compt. rend. T. I, Paris 1856.

Fischer, A., Über das Vorkommen von Gipskristallen bei den Desmidien. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XIV, 1884, pag. 133—184.

Golenkin, M., Algologische Notizen. 4. Die fluorescierenden Körper von Derbesia Lamourouxii. Bulletin d. l. Société imp. d. Naturalistes de Moscou T. VIII, 1895, pag. 268—270.

Hansen, A., Über Stoffbildung bei den Meeresalgen. Mitteilungen a. d. zoolog. Station z. Neapel 11. Bd., 1895, pag. 255—305.

Hauck, F., Die Meeresalgen Deutschlands und Österreichs. Rabenhorsts Kryptogamenflora Bd. 2, 1885.

Klebs, G., Flagellatenstudien. Zeitschr. f. wiss. Zoologie Bd. 55, 1893.

— — Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896.

Klein, J., Algologische Mitteilungen. 1. Über die neuerdings bei Meeresalgen beobachteten Kristalloide. Flora, 60. Jahrg., 1877, pag. 290/291. 4. Über oxalsauren Kalk bei Algen. Flora 1877, pag. 315—319.

— — Über die Kristalloide der Meeresalgen. Flora, 63. Jahrg., 1880, pag. 65—71.

— — Die Kristalloide der Meeresalgen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XIII, 1882, pag. 23—59.

Klemm, P., Über die Regenerationsvorgänge bei den Siphonaceen. Flora, 78. Bd. Jahrg. 1894, pag. 19—41.

Kny, L., Über Kristallbildung beim Kalkoxalat. Ber. d. d. bot. Gesellschaft, 5. Jahrg., 1887, pag. 387—395.

Kohl, F. G., Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg 1889.

Küster, E., Über Derbesia u. Bryopsis. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. XVII 1899, pag. 77—84.

Lagerheim, G., Studien über die Gattungen Conferva und Microspora. Flora, 72. Jahrg., 1889, pag. 179—210.

— — Über das Phycoporphyrin, einen Conjugatenfarbstoff. Videnskabs-Selskabets Skrifter I. Math.-naturv. Kl., 1895, Nr. 5.

Luther, A., Über Chlorosaccus, eine neue Gattung der Süfswasseralgen nebst einigen Bemerkungen zur Systematik verwandter Algen. Bihang till Sv. Vet.-Akad. Handlingar Bd. 24, Afd. III, Nr. 13, 1899, pag. 1—22.

Noll, F., Experimentelle Untersuchungen über das Wachstum der Zellmembran. Abhandlungen d. Senkenbergischen naturf. Ges. Bd. XV, 1887. 1. Heft. pag. 101—159.

— — Die geformten Proteine im Zellsafte von Derbesia. Ber. d. d. bot. Gesellschaft Bd. XVII, 1899, pag. 302—306.

Sanio, C., Über die in der Rinde dicot. Holzgewächse vorkommenden kristallinischen Niederschläge und deren anatomische Verbreitung. Monatsber. d. Akad. d. Wiss. z. Berlin, 1857.

Schimper, A. F. W., Über die Kristallisation der eiweifsartigen Substanzen. Zeitschr. f. Kristallographie und Mineralogie V. Bd., 1881, pag. 131—168.

— — Untersuchungen über die Chlorophyllkörper und die ihnen homologen Gebilde. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XVI, 1885, pag. 1—246.

— — Über Kalkoxalatbildung in den Laubblättern. Bot. Ztg. 46. Jahrg., 1888, pag. 65.

Schmitz, F., Die Chromatophoren der Algen. Verh. d. naturh. Vereins d. pr. Rheinlande 40. Jahrg., 1883, 180 S.

— — Beiträge zur Kenntnis der Chromatophoren. Jahrb. f. wiss. Bot. XV. Bd. 1884, pag. 1—177.

Solier, J. J. A., Mémoire sur deux algues zoosporées (Derbésia). Ann. d. Sc. nat. III série Bot. T. VII, 1847, pag. 157—166 Pl. IX.

Wakker, J. H., Studien über die Inhaltskörper der Pflanzenzelle. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XIX, 1888, pag. 423—496.

Woronin, M., Vaucheria de Baryana. Bot. Ztg. Jahrg. 38, 1880, pag. 425—432.

Zimmermann, A., Morphologie und Physiologie d. Pflanzenzelle. Breslau 1887.

— — Die botanische Mikrotechnik. Tübingen 1892.

Figurenerkärung zu Tafel XXII.

Derbesia Lamourouxii: Fig. 1, 2, 9—12.

Fig. 1. Typisch ausgebildete, langgestreckt spindelförmige Chloroplasten aus dem Wandbeleg einer Lichtpflanze (nach Fixierung, Färbung mit Säurefuchsin und Jodreaktion). Vergr. 720/1.

„ 2. Gruppe kleiner, scheibenförmiger Chloroplasten aus dem Wandbeleg einer schwach beleuchteten Pflanze. Pyrenoide undeutlich oder vollständig fehlend. Vergr. 720/1.

„ 9—12. Gruppen verschieden grofser Proteinkristalloide. Infolge verschiedener Lagerung erscheinen im optischen Schnitte die einen Octaeder als Quadrate, die anderen als Rhomben. Fig. 12 stellt eine gröfsere Gruppe verwachsener oder zusammengeklebter Kristalloide dar. Vergr. 980/1.

Derbesia neglecta: Fig. 6—8.

Fig. 6—8. Oval-scheibenförmige Chloroplasten (leicht schraffiert) und gleichgestaltete Stärkekörner. Fig. 6 Gruppe von Chloroplasten und wenigen Stärkekörnern aus einem jüngeren Schlauche. Fig. 7 u. 8 Gruppen aus älteren Schläuchen mit ungefähr gleicher Zahl von Stärkekörnern und Chloroplasten. Vergr. 720/I.

Derbesia tenuissima: Fig. 3—5; 13—18*a*—*g*.

Fig. 3. Typisch geformte Chloroplasten mit beschalten Pyrenoiden aus einem rasch wachsenden, etwas chlorophyllarmen Schlauche einer gut beleuchteten Kultur. Vergr. 720/1.

4. Umwandlung der gestreckten Chloroplasten zu kurz spindelförmigen, in der Mitte kugelig angeschwollenen Körpern unter dem Einflusse geringerer Lichtintensität. Die Resorption der Pyrenoide ist bereits in einigen der Chloroplasten erfolgt. Vergr. 720/1.

„ 5. Scheibenförmige und ovale Chloroplasten ohne Pyrenoide aus einem Schlauche einer während 10 Tagen unter ungünstigen Lichtverhältnissen gehaltenen Kultur. Vergr. 720/1.

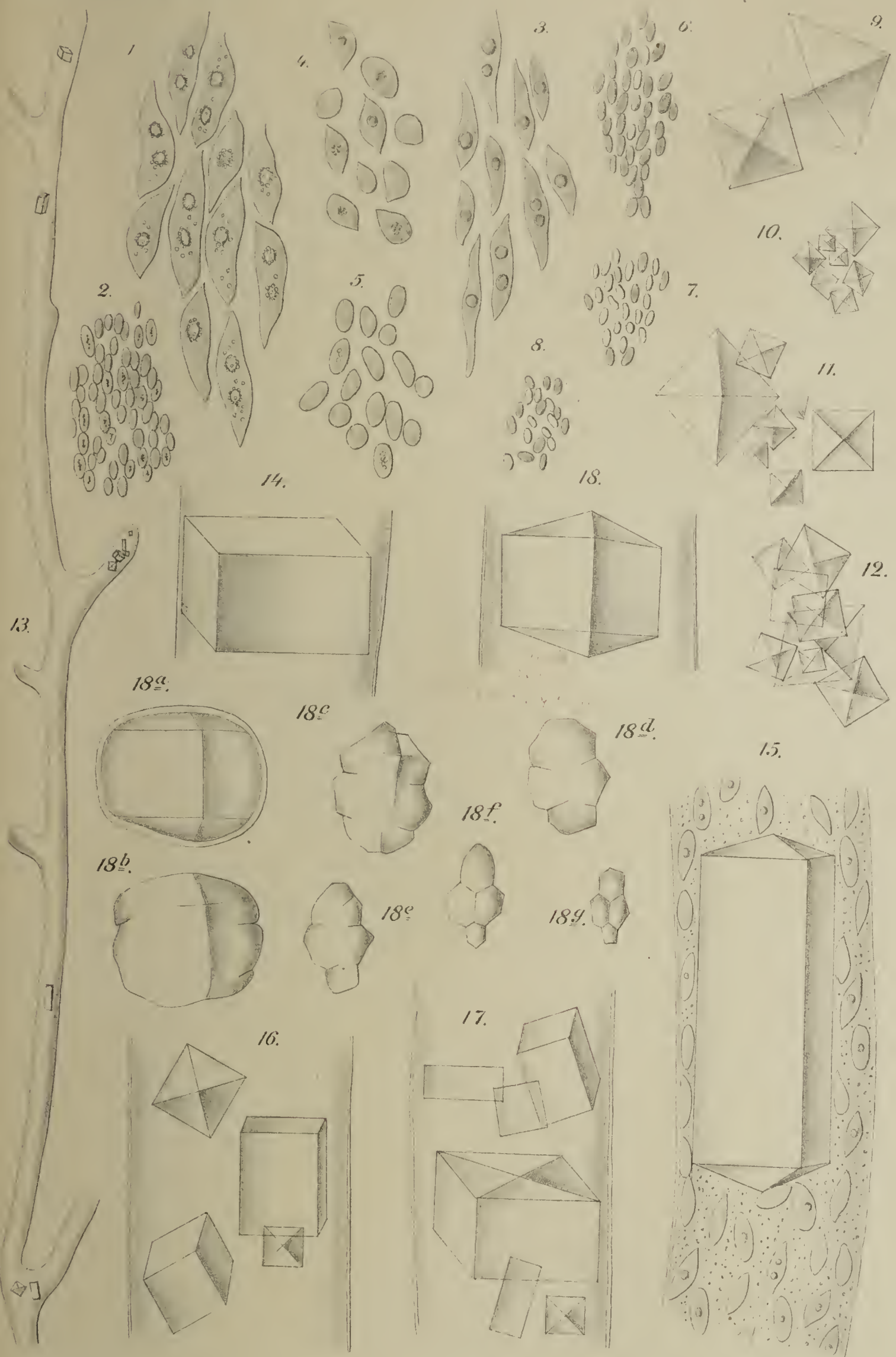
„ 13. Schlauchstück mit drei Einzelkristallen und zwei Gruppen zu zwei und fünf Oxalatkristallen. Die Verzweigung von Derbesia tenuissima ist, wie aus der Figur hervorgeht, mehr oder weniger gabelig. Von zwei gleichwertigen durch Gabelung des Scheitels entstehenden Ästen entwickelt sich häufig nur der eine weiter, während der andere (i. d. Figur z. B. der die Kristallgruppe enthaltende) in der Entwicklung zurückbleibt. Aufser der gabeligen Endverzweigung kommt den Schläuchen auch das Vermögen zur Bildung von Seitenzweigen an älteren Schlauchteilen zu. Vergr. 85/1.

„ 14. Einzelkristall in der Form des tetragonalen Prismas. Vergr. 920/1.

„ 15. Einzelkristall: Kombination des tetragonalen Prismas mit stumpfer Pyramide gleicher Art. Infolge des geringen Chlorophyllgehaltes war der in dieser Figur dargestellte grofse Kristall schon in der lebenden Pflanze gut sichtbar. Vergr. 920/1.

„ 16 u. 17. Im polarisierten Lichte in lebenden Pflanzen aufgefundene Kristallgruppen mit Prismen und Kombinationen von Prisma und Pyramide. Vergr. 920/1.

„ 18 u. 18*a*—*g*. Lösungsstadien eines Kristalls bei Einwirkung einer 10proz. Kalilauge. Fig. 18 Intakter Kristall. Fig. 18*a* Auflösungsstadium nach 5 Minuten. Die feine Plasmahülle des Kristalls quillt zu einem rötlich schimmernden Saume auf. Die Lösung geht zunächst ungefähr gleichmäfsig an der ganzen Oberfläche unter Abrundung der Kanten und Flächen vor sich. Fig. 18*b* Auflösungsstadium nach weiteren 5 Minuten. Fig. 18*c*—*g* nach je weiteren 10 Minuten. Infolge ungleichmäfsiger Lösung entstehen Furchen, die den Kristall in einige Stücke zerlegen, welche während der fortschreitenden Auflösung häufig die Gestalt sechsseitiger Tafeln annehmen, entweder bis zur vollständigen Lösung verbunden bleiben oder auseinanderfallen und getrennt völlig gelöst werden. Vergr. 920/1.



A. Ernst del. E. J. Thomas, Lith. Inst. Berlin S. 55.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: 93

Autor(en)/Author(s): Ernst A.

Artikel/Article: Zur Kenntnis des Zellinhaltes von Derbesia 514-532