FLORA.

№ 30.

Regensburg. 14. August **1852.**

Inhalt: ORIGINAL-ABHANDLUNG. Pringsheim, Algologische Mittheilungen. I. Ueber Keimung der ruhenden Sporen und über eine Form beweglicher Sporen bei Spirogyra.

Algologische Mittheilungen, von Dr. N. Pringsheim in Berlin.

I. Ueber Keimung der ruhenden Sporen und über eine Form beweglicher Sporen bei *Spirogyra*.

(Hiezu Taf. V.)

Während die von O. F. Müller[1]) zuerst gemachte Beobachtung der Copulation der *Spirogyren* seitdem vielfach wiederholt worden und jetzt allgemein bekannt ist, hat die zuerst von Vaucher[2]) schon 1803 beobachtete Keimung der durch die Copulation entstandenen Sporen nur durch sehr wenige, neuere Beobachtungen eine Bestätigung erhalten. Es ist diess bei dem regen Interesse, dessen sich in neuester Zeit die Entwickelungsgeschichte der Algen erfreut, und welches insbesondere für die Bildung der *Spirogyra*-Sporen selbst in einem weitern Kreise, als in dem beschränkten der Algologen vorhanden ist, um so auffallender, als es gar nicht schwer hält, sich das zur Beobachtung nöthige Material zu verschaffen; denn die Copulation findet zwar am häufigsten im Frühjahr statt, aber ich habe *Spirogyren*, die theils schon copulirt waren, theils aber zur Copulation sich anschickten, den ganzen Sommer hindurch bis in den Spätherbst gefunden. Und dennoch sind, soviel ich weiss, nur drei verschiedene Angaben über die Keimung der *Spirogyren* vorhanden, wobei ich natürlich alle diejenigen unberücksichtigt lasse, die nicht auf eigener Beobachtung beruhen.

---

1) Flora Danica tab. 883.

2) Histoire des conferves d'eau douce; Genève 1803.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0468-1

Die erste rührt, wie bereits erwähnt, von Vaucher her, zu dem man immer zurückgehen muss, wenn es Entwickelungsverhältnisse der Süsswasseralgen betrifft. Er giebt eine zwar im Wesentlichen richtige, aber unseren heutigen Anforderungen an Schönheit und Genauigkeit nicht mehr entsprechende Abbildung keimender Sporen. Diese Abbildung[1]) ist zugleich die einzige, welche die botanische Literatur besitzt. Seine Beschreibung der Keimung ist im Wesentlichen folgende: „Die Sporen öffnen sich an dem einen Ende, wie die Cotyledonen eines Samens, dessen Embryo sich zu entwickeln beginnt, und die junge Pflanze tritt als ein kleiner, sehr schnell wachsender, grüner Sack hervor, in dessen Innerem bald die Spiralbänder mit ihren glänzenden Körnern (den Stärkekörnern) und die Scheidewände auftreten. Endlich verlässt die junge Pflanze die Hülle, in der sie entstand, steigt im Wasser empor und gleicht nun, mit Ausnahme ihrer beiden Enden, die spitz zulaufen, und der geringeren Grösse ganz der Mutterpflanze."

Eine Bestätigung dieser Beobachtung liefert Meyen. In einer Abhandlung, welche er 1827 über das Genus *Spirogyra* schrieb, hält er zwar die Beobachtung der Keimung von Vaucher für falsch. „Es ist indessen" — sagt er dort[2]) — „mehr als wahrscheinlich, dass die von Vaucher gemachten Beobachtungen der grossen Genauigkeit entbehren, die hierbei nöthig ist, indem, wie es sich aus den angegebenen Zeichnungen ergiebt, das Wachsthum dieser jungen Conferve gegen alle Analogie streitet, und es ist daher sehr nöthig, diese Untersuchungen zu wiederholen." Allein er muss später sich durch Selbstbeobachtung von der Richtigkeit der Angaben Vaucher's überzeugt haben, denn er giebt in seinem Lehrbuch der Physiologie[3]) eine Beschreibung der Keimung, die zwar, wie es freilich die Grenzen eines Lehrbuchs gebieten, jener nöthigen Ausführlichkeit entbehrt, die den Vorzug der Mongraphien ausmacht, allein in allen wesentlichen Punkten die Erscheinung so naturgetreu darstellt, dass ich Alles, was er an dieser Stelle hierüber anführt, nur bestätigen kann,

Die dritte Bestätigung dieser Beobachtung liefert Al. Braun in seinem neuesten bekannten Werke „Beobachtungen über die Erscheinungen der Verjüngung in der Natur." Er erwähnt hier an

1) a. a. O. tab. IV. V. VI.
2) Linnaea 1827, pag. 421.
3) Neues System der Pflanzenphysiologie, Bd. III. pag. 422—424.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0469-9

mehreren Stellen[1]) sowohl die der Keimung vorhergehenden Veränderungen des Sporeninhalts, als auch die Erscheinungen der beginnenden Keimung, die Sprengung und Abstreifung der Sporenhäute.

In scheinbarem Widerspruche mit diesen genauen Beobachtungen der Keimung der in copulirten *Spirogyra*-Zellen entstehenden Körper steht die Angabe von Agardh[2]), dass diese Körper sich nach einiger Zeit in bewegliche Sporen auflösen, weshalb Hassal[3]), der diese Ansicht theilt, diese Körper auch nicht für die Sporen, sondern für die Sporangien der *Spirogyren* hält. Aus der kurzen Angabe Agardh's, die, obgleich es der Gegenstand wohl verdient hätte, nicht von Zeichnungen begleitet ist, lässt sich leider nur mit Unsicherheit auf das Phänomen schliessen, welches Agardh beobachtet hat. Dass innerhalb der *Spirogyra*-Sporen oft secundäre — aber nicht bewegliche — Zellen sich bilden, hat jedoch auch Meyen beobachtet und er vermuthet, dass sie ebenfalls Fortpflanzungszellen sind[4]). Ich habe diese secundären Zellen, in welche der Inhalt nicht unmittelbar keimender Sporen sich öfters umbildet, auch in solchen Sporen gefunden, die durch Copulation entstanden waren (fig. 7, tab. V.). Sie waren jedoch stets unbeweglich, und es glückte auch mir nicht, eine weitere Entwicklung dieser Zellen zu beobachten und die so nahe liegende Vermuthung Meyen's durch directe Beobachtung zu bestätigen. Aber ich fand auch häufig den Inhalt der Fadenzellen — ohne dass in denselben vorher eine grosse Spore sich gebildet hatte — in eigenthümliche

---

1) pag. 144, 192, 215, 216 der genannten Schrift.

2) Die Stelle lautet (Ann. des sc. nat. seconde série tome VI. pag. 197): „Après bien des recherches vaines pour voir le corps elliptique se développer en filament nouveau, comme le décrit Vaucher, *je le vis au contraire se dissoudre definitivement en sporules nombreux doués d'un mouvement très rapide.*

3) a history of the british freshwater Algae 1845, pag. 130.

4) „In Fig. 13, tab. X. sind dergleichen Samen der *Spirogyra princeps* dargestellt, welche sich ohne Conjugation gebildet haben, und bei *Spirogyra quinina* ist es sehr allgemein; auch sie zeigen doppelte Häute, aber die Masse in ihrem Innern hat sich zu kleineren Blasen umgebildet, welche wahrscheinlich ebenfalls Sporen sein möchten, deren ferneres Verhalten ich aber nicht gesehen habe. Die Bildung dieser kleinen Blasen in dem eigentlichen Samen ist aber nicht immer bei diesen nicht conjugirten Conferven zu finden, sondern gewöhnlich ist auch hier die grüne Masse spiralig angeordnet;" — so Meyen a. a. O.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0470-0

Zellen (fig. 4 und fig. 8) umgebildet, welche als Mutterzellen kleinerer, beweglicher Zellen auftreten; und die letzteren scheinen zur Entwicklung der *Spirogyren* in naher Beziehung zu stehen. In wie weit das von Agardh beschriebene Phänomen mit einem dieser beiden Erscheinungen übereinstimmt, wird sich aus der spätern Darstellung meiner Beobachtungen ersehen lassen. Es wird aber durch die Möglichkeit einer Fortpflanzung der *Spirogyren* vermittelst der secundären, in den elliptischen Sporen entstehenden Zellen die Bedeutung der bekannten grossen, aus dem gesammten Inhalte einer oder zwei copulirten Fadenzellen entstandenen Einzelkörper (fig. 1. a. b. c.) als wahre Sporen der *Spirogyren* nicht geschwächt, da sie ausschliesslich im regelmässigen Verlaufe der Vegetation, ganz wie es Vaucher beobachtet hat, durch ihre unmittelbare Keimung die Fortpflanzung der *Spirogyren* vermitteln. Das Zerfallen des Inhaltes einer unmittelbar keimfähigen Spore in ebenfalls keimfähige Tochterzellen — wofür die Beobachtung Agardh's sprechen würde — so wie überhaupt das Auftreten mehrerer verschiedener Sporenformen bei derselben Pflanze scheint mir nur eine Folge der bei den Algen herrschenden Selbstständigkeit der einzelnen Zelle und eine ganz allgemeine Eigenschaft dieser im physiologischen Sinne nur einzelligen Pflanzen zu sein. — Ich werde auf diesen Punkt bei Besprechung der seltenen Sporenformen der *Spirogyren* noch am Schlusse meiner Abhandlung zurückkommen.

Die Keimung der gewöhnlichen Form der *Spirogyra*-Sporen, jener bekannten, grossen, elliptischen, oder kugeligen Körper, habe ich an *Spirogyra jugalis*[1]) beobachtet. — Im August gesammelte copulirte Exemplare dieser *Spirogyra* erhielten sich im copulirten Zustande den ganzen Winter hindurch in einem mit Wasser gefüllten niedrigen Glasgefässe, auf dessen Boden sie sich während des Winters nach und nach herabgesenkt hatten, in meinem Zimmer. Einige Sporen keimten schon im Februar, die meisten jedoch öffneten sich

---

1) Die Bestimmung des Namens ist nach Kützing's Species Algarum getroffen. — Die von mir untersuchte Pflanze hatte mehrere, meist 4 weitläufige Spiralbänder; die Scheidewände ihrer Zellen waren nicht faltenartig zurückgeschlagen (über solche Falten an *Spirogyren* vergleiche man den Aufsatz von Cohn in Nova Acta A. N. C. Vol. XXII. p. II. pag. 250 u. f.). — Die Dicke der Fäden war 0,1$^{m.m.}$; die Länge ihrer Glieder, sowohl der fruchtbaren als unfruchtbaren schwankte zwischen 0,12$^{m.m.}$ und 0,2$^{m.m.}$; einzelne erreichten auch eine Grösse von 0,3$^{m.m.}$—0,4$^{m.m.}$

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0471-6

erst im April, so dass etwa 8 Monate zwischen ihrer Bildung und ihrer Keimung verflossen waren. Wir sehen auch bei den *Spirogyra*-Sporen, wie bei allen unbeweglichen Algen-Sporen, eine längere Frist zwischen Bildung und Entfaltung verstreichen[1]; doch während dieser Zeit scheinbarer Ruhe sind fortwährend Processe innerhalb jener Keime thätig, deren Aeusserungen zwar nicht unmittelbar in die Augen springen, deren Resultat jedoch auch bei den *Spirogyra*-Sporen in den nachweisbaren Veränderungen des Inhaltes und der Membran älterer Sporen erkannt wird. Unmittelbar nach ihrer Bildung besitzt die Spore eine einzige, vollständig farblose, dünne Membran, welche, wie die Annahme der blauen Farbe durch Jod und Schwefelsäure[2]) zeigt, aus reiner Cellulose besteht. Diese Membran ist bald nach der Entstehung der Spore bei vielen Sporen noch so zart, dass sie beim Hinzufügen der Schwefelsäure noch nicht im Stande ist, der stark erregten Endosmose zu widerstehen, an einer Stelle platzt und den Inhalt heraustreten lässt. Der Inhalt der neugebildeten Sporen besteht aus den fast unveränderten Spiralbändern der Zellen, welche bei der Bildung der Spore thätig waren. Die Spiralbänder sind zwar weit enger zusammengezogen, als in den Fadenzellen, aber selbst in ihrer Form noch fast unverändert erhalten. Wie in den Spiralbändern der *Spirogyra*-Zelle liegen auch in den Sporen mehrere grössere und kleinere Stärkekörner in einer durch absoluten Alcohol ausziehbaren Schicht von sogenanntem formlosen Chlorophyll, welches auf dem nach Entfernung des Chlorophylls erkennbaren, feinkörnigen Protoplasma (einem Gemenge von Oel und Protein-Substanz (Eiweiss?) abgelagert erscheint. Je älter die Sporen werden, desto mehr verschwimmt die Form der Spiralbänder in ihnen und ihr Inhalt verbreitet sich gleichmässiger über die ganze innere Fläche der Sporenmembran. Kurz vor der Keimung endlich

1) Diese lange Ruhe zwischen Bildung und Entwicklung ist vielleicht das einzige Merkmal, welches die Spore der Cryptogamen mit dem Samen der Phanerogamen gemein hat. Aber auch das wahre Analogon der cryptogamischen Spore bei den Phanerogamen, der Pollen, vermag bekanntlich seine Keimkraft in längerem Ruhezustande zu bewahren.

2) Ich ziehe die Anwendung von Jod und Schwefelsäure dem scheinbar bequemeren Gebrauche der sog. Chlorzinklösung (Chlorzink, Jod und Jodkalium) vor, da die erstere ein viel stärkeres und sicheres Reagens für Cellulose ist und die blaue Farbe ohne vorherige Anwendung einer Säure oder eines Alkali noch in solchen Fällen hervorruft, wo die Chlorzinklösung unwirksam ist.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0472-2

ist, die ursprünglich spiralige Anordnung des Inhaltes nur noch undeutlich durch mehrere dichtere spiralige Streifen in dem gleichmässig verbreiteten Wandüberzuge angedeutet (fig. 1. a, b, Taf. V.). Eigenthümlich ist, dass während dieser Zeit die spiralige Anordnung des Inhaltes der Spore bald deutlicher, bald undeutlicher hervortritt und im Augenblicke des Keimens fast vollständig verschwindet, sogleich aber mit überraschender Deutlichkeit hervortritt, wenn man die Sporen einige Zeit in Oelsüss liegen, oder auch vollständig austrocknen lässt (fig. 5, Taf. V.). Chemisch zeigt sich der Inhalt der Spore vor ihrer Keimung mehr in dem relativen Mengenverhältnisse der einzelnen Bestandtheile, als in der Qualität derselben verändert. Den Hauptbestandtheil bilden jetzt grössere, unter Druck zusammenfliessende Oeltropfen, neben welchen formloses Chlorophyll und Eiweiss, wie in neugebildeten Sporen, auftritt. Die grossen Stärkekörner sind verschwunden und an ihrer Statt treten sehr kleine unregelmässige Körperchen ohne jede bemerkbare Structur auf, welche mit Jod blau werden, also ebenfalls Stärke sind. Als ganz neuer Bestandtheil der Spore treten endlich einige, nie fehlende, rothbraune Körperchen auf, welche auch nach der Keimung noch in den jungen Pflanzen gefunden werden (fig. 1. d, fig. 5, fig. 2. d.).

Bedeutender als die wahrnehmbaren Veränderungen des Inhaltes sind die bemerkbaren Verschiedenheiten zwischen der Membran alter und junger Sporen.

Anstatt der einen, farblosen Cellulose-Membran der jungen Sporen zeigt diese kurz vor ihrer Keimung 3 verschiedene, unter einander nicht verwachsene Häute. Die innerste schliesst den gesammten, noch vom Primordialschlauch umgebenen Inhalt ein. Die äusserste (e. fig. 1. a, b. und fig. 5.), dünn und farblos, besteht, wie durch Jod und Schwefelsäure leicht nachweisbar, aus reiner Cellulose; es ist dieselbe Membran, welche die Spore bei ihrer Bildung besass, nur ist sie — ohne bemerkbare Schichtung — stärker geworden. In ihr liegt, ohne sie überall zu berühren, sich nahe an sie anlegend, die zweite Haut, eine gelblich-braun gefärbte Membran (f. fig. 1. a, b. und fig. 5.), welche ihren Farbstoff mit grosser Hartnäckigkeit festhält und sich durch Jod und Schwefelsäure nicht blau färbt. Diese endlich umschliesst die dritte, innerste und der Entstehung nach letzte Membran, welche farblos, wie die erste Membran, auch wie diese mit Jod und Schwefelsäure blau wird. Diese dritte Membran ist in der ungeöffneten Spore nicht immer sichtbar

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0473-7

und ist vielleicht darum von den Beobachtern bisher übersehen worden, vielleicht aber auch desshalb, weil sie als letzte Ablagerung des Membranstoffes in der Spore erst kurz vor der Keimung auftritt. Mit dem Inhalte, den sie umschliesst, macht sie den eigentlich wesentlichen Theil der Sporenzelle aus, da sie bei der Keimung der Spore nach Sprengung und Abwerfung der beiden äusseren Membranen unmittelbar in die junge Pflanze auswächst. Von ihrer Existenz kann man sich stets überzeugen, wenn man ältere Sporen durch leisen Druck öffnet und ihren Inhalt allmählig heraustreten lässt. Werden die durch Druck geöffneten Sporen nachher mit Jod und Schwefelsäure behandelt, so nimmt die innere, dritte Membran eine blaue Farbe an, und man erkennt auf diese Weise allein mit Sicherheit, dass die blaue Färbung ihr selbst eigenthümlich ist, und nicht etwa von der äusseren Sporenhaut oder den Membranen der Zelle, in welcher die Spore vielleicht noch liegt, herrührt. Aeusserst leicht wird die Erkennung der drei Sporenmembranen bei Anwendung von concentrirtem Kali. Ohne dass die Spore berstet, treten in concentrirtem Kali schon nach einigen Tagen die 3 Membranen scharf von einander geschieden auf (fig. 6. a. und b.). Es zeigt hierbei di innere Cellulose-Membran (g. fig. 6. a. u. b.) die bemerkenswerthe, sonst nur dem Primordialschlauche eigenthümliche Eigenschaft, zusammenschrumpfend sich zu verkleinern. Sie umgiebt, in die Mitte des Zellenlumens zusammengezogen, den Primordialschlauch (h. fig. 6. b.) mit seinem Inhalt. Das Zusammenschrumpfen dieser Cellulose-Membran ist oft so stark, dass sie den Inhalt nicht mehr zu fassen vermag, und dieser tritt, von Kali gelöst, in grossen Tropfen von unbestimmter Gestalt in den Zwischenraum zwischen ihr und der mittlern, gelben Membran (i. fig. 6. b.). Auch in den schon mit Kali behandelten Sporen wird nach Auswaschen des Kali bei Anwendung von Jod und Schwefelsäure diese dritte, innerste Membran (g. fig. 6. a. u. b) schön blau, so dass über ihre chemische Constitution kein Zweifel sein kann.

Die Entstehung der zwei innern Membranen in den Sporen geht ganz analog der allgemeinen Bildung secundärer Verdickungsschichten in der Pflanzenzelle vor sich auf die äussere primäre Haut; folgt nicht nur der Lage, sondern auch der Bildung nach die mittlere gelbe Haut als secundäre Ablagerung, und erst lange nach der Bildung der gelben Haut geschieht die Ablagerung der innersten, der Entstehung nach tertiären Cellulose-Membran. Da aus den Unter-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0474-3

suchungen von Mohl[1]) nachgewiesen ist, dass die Grundlage der Verdickungsschichten sämmtlicher Pflanzenzellmembranen Cellulose ist, deren Reaction, durch einen imbibirten Stoff häufig verdeckt, nach Entfernung dieses Stoffes durch Kali oder Salpetersäure wieder rein hervortritt; so war zu vermuthen, dass auch die gelbgefärbte, mittlere Sporenmembran bei richtiger Behandlung die Reaction der Cellulose zeigen würde. Es ist mir jedoch erst nach vieler Mühe gelungen, die Cellulose in dieser Membran nachzuweisen, da alle Mittel, die ich anwandte, um den Farbstoff dieser Membran auszuziehen oder zu zerstören, anfänglich erfolglos waren. Erst durch längeres Digeriren in Königswasser wurde die gelbe Sporenmembran, ohne zerstört zu werden, entfärbt. Behandelt man die entfärbten Sporen nach gehörigem Aussüssen mit Wasser zur Entfernung des vorhandenen Königswassers mit Jod und Schwefelsäure, so wird auch die dicke, mittlere, früher gelbe Membran blau. — Je vollständiger die Membran durch das Königswasser entfärbt wurde, desto reiner ist die blaue Farbe, welche sie nachher durch Jod und Schwefelsäure annimmt; je unvollständiger die Entfärbung war, desto mehr spielt das Blau in Grün über. Es gehört diese Membran sicher zu den Pflanzenmembranen, welche am allerschwierigsten die bekannte Reaction der Cellulose zeigen, und liefert daher eine starke Stütze für die Ansicht, dass nur ein imbibirter Stoff in den Zellmembranen, welche die Cellulose-Reaction nicht zeigen, diese verhindert. In unserem Falle giebt sich der imbibirte Stoff schon durch seine Farbe zu erkennen, und die Membran nimmt nach Entfernung dieses Stoffes mit der gewöhnlichen Farblosigkeit der Pflanzenzellmembran auch die chemischen Eigenschaften der Cellulose wieder an.

Nach beendeter Umänderung ihres Inhaltes und nach vollendeter Bildung der beiden innern Membranen beginnt die Keimung der Spore durch einen Wachsthum der von der innersten Membran gebildeten Innenzelle. In Folge der Grössenzunahme der Innenzelle wird zuerst die gelbe Membran in einem unregelmässigen Riss durchbrochen (s. fig. 1, Taf. V.) und erst bei fernerem Wachsthum der keimenden Zelle reisst in ähnlicher Weise die äussere farblose Membran. Diese Aufeinanderfolge des Aufbrechens der äusseren Sporenhäute wird schon durch die Structur der Spore und die unnachgiebige Starrheit der gefärbten mittleren Haut bedingt. — Die aus den Häu-

1) Bot. Ztg. v. Mohl und Schl. 1847 No. 29—31.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0475-9

ten hervorbrechende Innenzelle wächst im Laufe mehrerer Tage zu einer länglichen Zelle aus, welche bald durch Auftreten von Scheidewänden einen mehrzelligen Faden darstellt, der vollständig, sowohl in Anzahl der Spiralbänder, als in den Grössenverhältnissen, der Mutterpflanze gleicht (c. fig. 1, Taf. V.).[1] Noch im einzelligen Zustande der jungen Pflanze verlängert sich das eine Ende der Zelle schlauchartig (fig. 3.). In dieses stets astlose Wurzelende reichen die grünen Spiralbänder nicht hinein und es bleibt, in seinem fernern Wachsthum begrenzt, bald auf der Stufe der Ausbildung stehen, die es an der jungen nur wenigzelligen Pflanze erreicht hat, während das entgegengesetzte Ende der Spore durch ununterbrochenes Wachsthum und wiederholte Bildung von Scheidewänden einer unbegrenzten Verlängerung fähig ist.

Diese Differenzirung der beiden Sporenenden, die sich durch die Richtungsverschiedenheit des Wachsthums und durch den begrenzten Wachsthum des einen und den unbegrenzten des andern Endes ausspricht, tritt zwar — mit der sehr seltenen Ausnahme, dass beiden Enden unbegrenztes Wachsthum zukömmt — bei allen Sporen ein; es findet jedoch darin eine Verschiedenheit bei ihnen statt, dass während bei den meisten dasjenige Ende der Sporenzelle, mit welchem sie aus den Hüllen hervortritt (fig. 1, 2, 3, 10) zu dem zelligen *Spirogyra*-Faden sich umbildet und das in den Hüllen zurückbleibende Ende in den wurzelartigen Schlauch auswächst, bei anderen, wenigeren Sporen diese beiden Enden sich gerade in entgegengesetzter Weise verhalten, das zellenbildende Ende in den Hüllen zurückbleibt (fig. 11 a, b, c.) und das Wurzelende aus den Hüllen hervortritt. Trotz dieser Verschiedenheit verhalten sich jedoch die entstandenen jungen Pflanzen in dem einen wie in dem andern Falle völlig gleich.

Ich hatte anfangs vermuthet, dass der Gegensatz zwischen Vorder- und Hinterende der Spore sich schon durch die Stellung derselben in den Fadenzellen ausspreche. — Sämmtliche Sporen desselben Fadens öffnen sich nämlich gewöhnlich auf derselben Seite, so dass, wenn man das Ende der Spore, durch welches die junge Pflanze

1) Es scheinen daher die von der Anzahl der Spiralbänder und den Grössenverhältnissen der Fadenzellen hergenommenen Charaktere doch einen specifischen Werth zu besitzen; wenigstens pflanzen sich diese Merkmale durch die Keimung fort; man vergleiche auch die Abbildungen keimender *Spirogyren* bei Vaucher mit denen der Mutterpflanzen.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0476-5

hervortritt, ihr Vorderende nennt, sämmtliche Sporen eines Fadens mit ihrem Vorderende nach derselben Richtung gekehrt sind (fig. 1. a, b, c.). Aber ich bemerkte später, dass auch hierin keine Beständigkeit herrsche, denn es kamen mir, wenn auch nur selten, Fäden vor, in deren Zellen die Vorderenden der Sporen nach entgegengesetzter Seite gerichtet waren (fig. 9. Taf. V.), so dass man an den ungeöffneten Sporen nicht mit Sicherheit bestimmen kann, welches das Vorder- und welches das Hinterende der Spore ist. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass hierbei auf zufällige Krümmungen eines Fadens Rücksicht genommen wurde. — Noch lange nach dem Hervortreten aus den Hüllen steckt das eine Ende der jungen Pflanze, sei diess nun das Wurzelende oder die sich fortentwickelnde Spitze, in den aufgebrochenen Hüllen (fig. 1. c, fig. 11. c.) und diese werden erst spät theils zufällig, meist jedoch durch die Erhebung der jungen Pflanzen vom Boden des Wassers, wo die Keimung geschah, völlig abgestreift. — Niemals sah ich die freigewordene junge Pflanze mit ihrem Wurzelende sich an einen Gegenstand festsetzen, wie diess auch dem gewöhnlichen schwimmenden Vorkommen der *Spirogyren* entspricht. Ob aber die *Spirogyren* noch in einem spätern Zustande, als bis zu welchem ich die jungen Pflanzen verfolgen konnte[1]), sich mit ihrer Wurzelzelle irgendwo festsetzen, kann ich nicht entscheiden. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass diejenigen *Spirogyren*, welche an ihrem natürlichen Standorte angewachsen gefunden werden, ihre Wurzelzelle als Haftorgan gebrauchen. Die nach Naegeli[2]) den *Zygnemaceen* zukommende, etwas verlängerte, unten in eine schildförmige Wurzel erweiterte Basiszelle ist jedoch gewiss nicht die bei der Keimung entstandene Wurzelzelle, sondern eine der gewöhnlichen Fadenzellen, die an ihrem einen Ende in eine kurze, farblose Ausbreitung ausgewachsen ist. Ob diese so veränderte Fadenzelle, wie Naegeli behauptet, zur Fortpflanzung unfähig sein soll, möchte ich bezweifeln, sicher wenigstens ist, dass auch die wahre, bei der Keimung entstandene Wurzelzelle fähig ist, aus

---

1) Eine der grössten jungen Pflanzen, die sich bei mir in völlig gesundem Zustande erhielten, hatte eine Länge von 2, 6$^{m.m.}$ Sie bestand aus 13, mit Ausnahme der längern Wurzelzelle, ziemlich gleich langen Zellen; so dass die Länge dieser sich noch später theilenden Zellen der jungen Pflanze mit der der grössern, ungetheilten (?) Zellen älterer Pflanzen übereinstimmte.

2) Gattungen einzelliger Algen pag. 4.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0477-1

ihrem Inhalte Fortpflanzungszellen in Form beweglicher Sporen zu bilden.

Auch über die Entstehung der Spiralbänder giebt die Keimung der Sporen einigen Aufschluss.

Beim Aufbrechen der Spore bildet der Inhalt mit einer nur schwachen Andeutung spiraliger Anordnung einen gleichmässig ausgebreiteten Wandüberzug (a, b. fig. 1. Taf. V.). Dieser zieht sich beim Wachsen der jungen Zelle aus einander und die hierdurch entstandenen anfänglich unregelmässigen und unvollständigen Risse durchschneiden später in continuirlichem Laufe den durch sie nun in regelmässig angeordnete Bänder zerschlitzten, früher zusammenhängenden Wandüberzug (fig. 2, fig. 3, Taf. V). Die Ursache, warum der Wandüberzug in spiralige und nicht geradlinige Bänder zerreisst, bleibt hier, ebenso wie bei der Entstehung anderer spiraliger Formen in der Pflanzenzelle, ungewiss. In dem Keimlinge der *Spirogyren* mit nur einem Spiralbande möchte vielleicht etwas Näheres über diesen Vorgang zu entdecken sein. Dass der Cytoblast — das sogenannte Centralorgan Meyen's — trotz der von ihm nach den Rändern der Spiralbänder auslaufenden Schleimfäden — hierbei keine Rolle spielt, scheint mir um so wahrscheinlicher, als ich seine Existenz in der Spore und auch in der einzelligen, jungen Pflanze bezweifle. Niemals fand ich in den Sporen, auch nicht beim leisen Herausdrücken ihres Inhaltes, wobei dieser doch völlig übersichtlich wird, den Cytoblasten, und ebensowenig kann ich ihn in der um Vieles durchsichtigeren einzelligen jungen Pflanze entdecken (fig. 2. u. fig. 3.). Erst die zweizellige und die mehrzellige Pflanze besitzt ihn in jeder, auch in der Wurzelzelle. Er ist nicht oval, sondern rund (fig. 1. c. m. m. m.). Seine Rolle bei der Neubidung der *Spirogyra*-Zellen ist durch Alex. Braun[1]) nachgewiesen worden. Es scheint daher, dass er in der einzelligen Pflanze erst unmittelbar vor Bildung der Scheidewand entsteht, und dann entweder durch Auflösung oder Theilung rasch die Bildung zweier neuen Cytoblasten veranlasst, wodurch sein Vorhandensein in allen Zellen alter Pflanzen mit seinem Fehlen in der Spore und den einzelligen Pflanzen in Einklang gebracht wird.

Ich gehe jetzt zur Besprechung jener Bildungen über, die ich in den Sporen, und jener andern, die ich in den Fadenzellen der

1) a. a. O. pag. 257 u. f.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0478-7

Spirogyren gefunden habe, und von denen ich voraussetze, dass sie ebenfalls zur Fortpflanzung der *Spirogyren* dienen. Dieselben oder doch ähnliche Erscheinungen, wie die von mir wahrgenommenen, haben Agardh wahrscheinlich zu der Ansicht von einem Zerfallen der grossen Sporen in Zoosporen veranlasst.[1])

Ueber die in den Sporen aus deren Inhalte entstehenden secundären Zellen kann ich zu dem Seite 469 Angeführten nur Weniges hinzufügen. Die Umbildung des Spureninhalts in diese Zellen ist gar nicht selten. Sie erscheinen entweder so, wie ich sie fig. 7, Taf. V. dargestellt habe, als kleine runde Zellen mit körnigem Inhalte, oder so, wie sie bei Meyen[2]) abgebildet sind, als eben solche Zellen, deren Inhalt jedoch nur aus einem einzigen, homogenen, die Zelle fast ganz erfüllenden Korne besteht. Bewegung und Keimung habe ich an ihnen nicht wahrnehmen können.

Interessanter sind die in den Fadenzellen vorhandenen Gebilde. — Ich fand nämlich häufig an copulirten Fäden, dass der Inhalt eines oder mehrerer Paare copulirter Zellen sich nicht zu den bekannten grossen Sporen umgebildet hatte. — Während aber in den uncopulirten Zellen, in denen kein Same entstand, der Inhalt unter Verschwinden des Chlorophylls und gleichzeitigem Auftreten eines rothbraunen Farbestoffes in ganz unbestimmten, wenn auch hin und wieder körnigen Formen der Zerstörung anheimfiel (o. fig. 1, Taf. 5), war der Inhalt solcher copulirter Fadenzellen, die keine Einzelspore gebildet hatten, in eine Anzahl kleiner Zellen von regelmässiger, bestimmter und unwandelbarer Form umgebildet (fig. 4, Taf. V.). Dieses regelmässige Auftreten liess mich vermuthen, dass diese Zellen mehr als blosse Pseudoformen eines absterbenden Zelleninhaltes seien. Aufschluss über diese Gebilde erhielt ich aber erst durch die Beobachtung ihrer Entstehung in den Zellen der jungen *Spirogyren*, deren Hervortreten aus den grossen Sporen ich selbst beobachtet hatte. In den Zellen dieser jungen *Spirogyren* zerfallen nämlich häufig die vorhandenen Spiralbänder und es bilden sich aus ihrer Substanz in einer mir noch unbekannten Weise kleinere Zellen, die deutlich eine Membran um einen grünen Inhalt erkennen lassen (a. fig. 8). Ich nenne diese Zellen Sporenmutterzellen. Sie vergrössern sich bald, indem ihre Membran sich von dem Inhalt

1) Siehe S. 467 Anmerk. 2.

2) Neues System der Pflanzenphysiologie, Bd. 3, fig. 13, c. d. e., Taf. X.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0479-5

ringsum abhebt und zu einer grössern hohlen Blase ausdehnt. Der Inhalt nimmt zugleich eine gelbliche bis gelbbraune Farbe an, und sondert sich in einen mittleren, dichteren, gelbbraunen Kern und einen feinkörnigen Schleim, welcher den Kern umgiebt und den Raum zwischen ihm und der Membran nicht ganz erfüllt (b, c, d, e, fig. 8.). Dieser feinkörnige Schleim ballt sich nun noch in dem Raume zwischen dem gelben Kern und der umschliessenden Membran zu einem einzigen, grössern Körperchen zusammen, welches eine scharfe Umgrenzung zeigt und eine helle Blase mit feinpunktirtem Inhalte darstellt (f. f. fig. 8.). — Diese so neugebildete Zelle drückt, wie es die Figuren zeigen, den braunen Körper aus seiner centralen Stellung heraus und an die Wand der Sporenmutterzelle an. In Folge der gegenseitigen Beengung der beiden Körper platzt die Membran der Sporenmutterzelle, die helle Zelle tritt hervor und bewegt sich nach Art der Zoosporen selbstständig und frei in der Fadenzelle herum.

Die ausgetretenen Zoosporen sind kleine ellipsoidische Zellen: sie erscheinen, von der Seite gesehen, länglich (g. fig. 8.), von oben gesehen (h. fig. 8.), rund. Sie gleichen in ihrem Aussehen unter allen beweglichen Sporen am meisten denen der *Achlya prolifera*. Ihre Bewegung ist viel langsamer, als die der übrigen Zoosporen und unterscheidet sich noch dadurch, dass sie bei ihrem Fortrücken nicht eine vollständige Drehung um ihre Längsachse, sondern nur kleine Schwenkungen nach rechts und links machen. Sie durchlaufen bei ihrer Ortsbewegung den Raum der Fadenzellen nach allen Richtungen, meist sich längs ihrer Wandungen fortschiebend, gleichsam als ob sie eine Austrittsöffnung suchten; aber trotzdem ich sehr viele dieser beweglichen Zellen lange und anhaltend beobachtete, sah ich sie doch niemals aus den Fadenzellen, in welchen sie entstanden waren, heraustreten, da in den überall geschlossenen Fadenzellen sich nirgends eine Oeffnung bildete. Dass diese Sporen bewegliche Fäden besitzen, ist sicher; ich konnte dieselben oft mit der grössten Deutlichkeit schwingend wahrnehmen; da ich jedoch über die Anzahl der schwingenden Fäden in Ungewissheit blieb, so habe ich sie in der Zeichnung ganz weggelassen. Am wahrscheinlichsten ist mir, dass sie einen einzigen Faden am Vorderende haben; doch schien es mir einige Male, als ob sie einen Kranz von mehreren Fäden trügen.

Nach einem mehrere Stunden anhaltenden Umherirren setzen sie sich endlich mit ihrer Spitze fest. Alle aber, die ich beob-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0480-6

achtet habe, gingen, nachdem sie zur Ruhe gekommen waren, ohne organische Fortentwickelung zu Grunde und ihr Inhalt, der, so lange sie sich bewegten, mit Jod stets gelb und niemals blau wurde, bildet sich in eine Anzahl mit Jod blau werdender, unregelmässiger, sehr kleiner Stärkekörner um (i. i. fig. 8, Taf. V.), welche oft noch eine umschliessende Haut, die Membran der früheren Spore, erkennen liessen. Die von der beweglichen Spore verlassene Sporenmutterzelle (k. k. l. fig. 8.) verändert sich nur noch in so fern, als der in ihr liegende gelbbraune Kern eine regelmässige Umgrenzung gewinnt und eine nicht ganz deutliche Structur annimmt. An der Membran der Mutterzelle kann man jetzt immer, wenn nur ihre Lage nicht zu ungünstig ist, die Oeffnung erkennen, durch welche die bewegliche Spore entschlüpft ist (k. k. l. l. fig.. 8.). Die Sporenmutterzellen gleichen nun vollkommen den Gebilden, die ich in den copulirten Zellen alter Fäden gefunden hatte (fig. 4, Taf. V.)[1]

Von dem eben geschilderten, gewöhnlichen Verlaufe bei Bildung der beweglichen Sporen in den Sporenmutterzellen kommen folgende unwesentliche Abänderungen vor:

Es bilden sich öfters statt einer, mehrere bewegliche Sporen in einer Sporenmutterzelle und hierin liegt auch die Ursache der schwankenden Grösse der Sporen. Ferner gehen öfters in den feinkörnigen Schleim, welcher zur Bildung der Sporen in der Sporenmutterzelle zusammentritt, ein oder mehrere kleine braune Körperchen — Theile des mittleren braungelben Kernes der Sporenmutterzelle — mit ein. In diesem Falle besitzt die freigewordene Spore ebenfalls eine oder mehrere braungelbe Kerne. Endlich kommt öfter der feinkörnige Schleim innerhalb der Sporenmutterzelle gar nicht zur Gestaltung der Spore, sondern bildet sich unmittelbar in Stärkekörner um (m. fig. 8.).

Fragen wir nun, wofür diese beweglichen Gebilde zu halten sind, so erscheint mir ihre Bildungsweise und die Gesetzmässigkeit ihrer Erscheinung den Gedanken, sie seien nur zu-

---

1) Als ich die fig. 4. zeichnete, kannte ich die Bildungsgeschichte dieser Zelle noch nicht, und die Oeffnungen an der äussern Membran, durch welche die bewegliche Spore herausgetreten war, hatte ich übersehen. Später konnte ich diese Oeffnungen jedoch jedesmal auch bei diesen in den copulirten Zellen alter Fäden vorkommenden Zellen mit der grössten Deutlichkeit sehen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0481-1

fällige, abnorme Productionen ohne weitern Werth für die Entwicklung der Pflanze, mit Nothwendigkeit zurückzuweisen. Dass es fremde, den *Spirogyren* nicht angehörige Bildungen sind, wäre eine ganz unannehmbare Hypothese, da sie im Innern der geschlossenen Fadenzellen der *Spirogyren* unmittelbar aus dem Inhalt derselben sich bilden; wie auch — wenn es Infusorien sein sollten — sollte eine frühere Generation derselben in die geschlossene Zelle hineingekommen sein? oder sollten diese Infusorien etwa durch generatio aequivoca entstanden, ihr Leben innerhalb einer Pflanzenzelle beginnen und beschliessen?

Die nach dem heutigen Standpunkte der Wissenschaft nächste und einfachste Annahme ist meiner Ansicht nach, dass es entwicklungsfähige Fortpflanzungszellen der *Spirogyren* sind, die unter günstigen Bedingungen noch während ihrer Bewegung aus der Fadenzelle, in der sie entstanden, befreit, die Mutterpflanze wieder hervorbringen können.

Nach diesen Annahmen würde der Inhalt der Fadenzellen der *Spirogyren* bald eine grosse, unmittelbar keimende Einzelspore (fig. 1. a, b, c, fig. 5.) bald mehrere Mutterzellen beweglicher Sporen (fig. 4, 8.) bilden können, und auch der Inhalt schon gebildeter Einzelsporen könnte, anstatt unmittelbar zu keimen, sich in mehrere ebenfalls keimfähige Fortpflanzungszellen verwandeln (man vergleiche die Figur 7, Taf. V. und die Angabe Agardh's pag. 467, der den Inhalt der Sporen wahrscheinlich in dieselben beweglichen Zellchen verwandelt sah, die ich im Inhalt der Fadenzellen fand).

Dieses scheinbar sonderbare Verhalten findet jedoch darin seine Erklärung, dass den Algen überhaupt, wie durch den Hinweis auf ähnliche Erscheinungen nachzuweisen ist, eine grössere Mannigfaltigkeit der Sporenformen zukommt, als bisher geglaubt wurde. Dass aber bei diesen einfachen Gewächsen die Form der Fortpflanzungszelle innerhalb weiterer Grenzen schwanken könne, scheint gar nicht auffallend, wenn man bedenkt, dass die Selbstständigkeit des Lebens der einzelnen Zelle bei den Algen unter allen Pflanzen am grössten ist, und dass die Fähigkeit der Hervorbringung der gleichen Art bei ihnen ganz allein dem Inhalte der einzelnen vegetativen Zelle eigenthümlich ist. Warum sollte dieser nur in einer und nicht in mehreren dauernden oder vorübergehenden Ruheformen die ihm inwohnende Reproductionskraft bewahren können? Sollte die Natur die Erhaltung der Art hier an eine einzige Form gebunden haben,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0482-7

wo sie doch die Reproductionsfähigkeit verschwenderisch in die Inhaltsmasse jeder einzelnen, vegetativen Zelle gelegt hat?

Schon das gleichzeitige Auftreten beweglicher und unbeweglicher Sporen an derselben Pflanze ist nur ein Ausdruck dieser Möglichkeit der Formenverschiedenheit der Sporen derselben Species. Denn es ist unstatthaft, der beweglichen Form einen andern Werth beizulegen, als der unbeweglichen, und die beweglichen Keime etwa als fortpflanzungsfähige Gonidien, die unbeweglichen als wahre Sporen zu bezeichnen, da ja beide dem allgemeinen Gesetze der Samenbildung wahrhaft geschlechtsloser Pflanzen, durch unmittelbare Umbildung des Inhaltes vegetativer Zellen Fortpflanzungszellen zu bilden, in gleicher Weise entsprechen.

Aber die Fortpflanzungsfähigkeit des Inhaltes der vegetativen Zellen ist nicht blos an eine einzige Form beweglicher und eine einzige Form unbeweglicher Sporen gebunden, und gerade hierin zeigt sich am deutlichsten die grosse Selbstständigkeit des Inhaltes einzelner Zellen dieser niederen Gewächse. — Zwar nimmt der Inhalt der Sporenmutterzellen im gewöhnlichen Verlaufe des Zellenlebens stets eine für jede Art bestimmte Form beweglicher oder unbeweglicher Sporen an, und wir sehen desshalb die Einen fast ausschliesslich durch eine bestimmte Form beweglicher, andere fast nur durch eine bestimmte Form unbeweglicher Sporen sich fortpflanzen, wenn aber die Bildung dieser gewöhnlichen, normalen Form oder auch die Entwicklung der schon gebildeten, normalen Form verhindert wird, dann entstehen aus dem Inhalte der Sporenmutterzellen, oder auch aus dem Inhalte der schon gebildeten Spore jene anderen, selteneren Formen, in welchen dem Zelleninhalte ebenfalls seine Reproductionsfähigkeit entweder dauernd oder vorübergehend bewahrt bleibt.

Beispiele mannigfaltiger Sporenformen derselben Species haben sich zwar schon oft den Beobachtern aufgedrängt, sie sind jedoch bis jetzt meist als abnorme Zellbildungen betrachtet und nicht weiter gewürdigt worden. Trotz der geringen Aufmerksamkeit auf diese Bildungen liessen sich jedoch schon jetzt viele hierher gehörige unzweifelhafte Erscheinungen anführen, von denen ich aber nur einige hervorheben will.

(Schluss folgt.)

Redacteur und Verleger: Dr. Fürnrohr in Regensburg.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0483-3



Autor del.

C.F. Schmidt. lith.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05967-0792-3

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1852

Band/Volume: 35

Autor(en)/Author(s): Pringsheim Nathanael [Nathan]

Artikel/Article: Algologische Mittheilungen 464-480