Zeitschrift: Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik
Herausgeber: M.J. Schleiden und Carl Nägeli
Band: 1 (1844-1846)
Heft: 1

Artikel: Bewegliche Spiralfaden (Saamenfaden?) an Farren
Autor: Nägeli, Carl
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-357977

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bewegliche Spiralfaden (Saamenfaden?) an Farren

von

Carl Nägeli.

Tab. IV.

Die Keimung von Farrenkräutern ist schon mehrfach untersucht, dabei aber ein eigenthümliches Organ, das am Keimblatte sitzt, übersehen worden. Im botanischen Garten in Zürich wurden im Herbst 1842 über 100 Arten ausgesäet. Ich benutzte dieses reiche Material, um die Entwicklungsgeschichte von der Spore aus zu studiren. Ich will davon hier bloss mittheilen, was auf das erwähnte Organ Bezug hat, und behalte das übrige zu einer spätern zusammenhängenden Darstellung über das Wachsthum der Farren auf.

Auf der untern Fläche des Keimblattes (Tab. IV. 1), am Rande, selten auch auf seiner obern Fläche stehen drüsenähnliche Organe. Häufig scheint es, als ob sie bloss von einer einzigen Zelle gebildet wären (fig. 1, c; fig. 12); meistentheils erkennt man, dass es ein Sack ist, welcher aus einer einfachen Zellschicht besteht (fig. 11, A, B; fig. 15, B). Dieser Sack ist mit scheinbar körnigem und undurchsichtigem Inhalte erfüllt. Er platzt an der Spitze, und lässt eine Anzahl kleiner runder Zellchen heraustreten. Diese Zellchen bewegen sich lebhaft im Wasser. In jedem liegt ein spiraliger Faden, welcher, indem die Membran des Zellchens reisst, frei wird, und dann die gleiche Bewegung zeigt, wie die Saamenfaden der Moose, Lebermoose und Charen.

Die Entwicklungsgeschichte der Spiralfadenorgane ist folgende. Die Zellen des Keimblattes wachsen mit ihrer freien Wand in einen kurzen Fortsatz aus, an der untern Fläche nach unten, an der obern nach oben, am Rande nach aussen, sodass jener Fortsatz immer frei über das Zellgewebe hervorragt. Das Auswachsen geschieht meistens nicht mit der ganzen freien Zellwand, sondern nur mit deren vorderem Ende, nämlich demjenigen, welches dem Sporentheil des Keimblattes abgekehrt ist. Es erinnert diess ganz an die Astbildung der Conferven, wo die Glieder ebenfalls mit dem obern Theile ihrer Seitenfläche sich erheben, um eine Astzelle zu erzeugen. Seltener steht ein Spiralfadenorgan mitten auf einer Zelle, oder bedeckt die ganze Fläche einer kleinern Zelle. Wenn aber eine Zelle des Keimblattes zugleich ein Spiralfadenorgan und ein Wurzelhaar trägt, so steht das erstere immer näher der Spitze, das letztere näher der Basis.

Der hervorragende auswachsende Theil einer Zelle des Keimblattes scheidet sich durch eine Wand von deren ursprünglichem Lumen, und wird zur besondern Zelle (fig. 1, a; 3, a; 4, a). Die Spiralfadenorgane sind in ihrem ersten Entwicklungsstadium immer eine einfache Zelle.

Diese ursprüngliche Zelle dehnt sich in die Länge, und theilt sich wieder durch eine mit ihrer Basis parallel laufende Wand (fig. 1, b; 5, a). Die äussere der beiden Tochterzellen theilt sich von neuem durch eine horizontale Wand, und darauf vermehrt sich je die äussere noch ein- oder zweimal auf gleiche Weise. Es geht daraus ein gegliederter confervenartiger Zellfaden von zwei bis fünf Gliedern oder Gliederzellen hervor.

Nun tritt die Zellenbildung in den einzelnen Gliederzellen auf. Jede derselben theilt sich in vier peripherische Zellen und einen mittlern, von jenen umschlossenen Raum (fig. 6, c; 11; 15), welcher wohl ohne Zweifel ursprünglich eine centrale Zelle ist. Das ausgebildete Organ besteht somit aus zwei bis fünf Gliedern, von denen jedes vier im Kreise lie-

gende Rindenzellen um einen mit undurchsichtiger Körnermasse erfüllten Raum zeigt (fig. 11, B, B′; 15, B, B′; B stellt das Organ in der Seitenansicht, B′ in der Ansicht von oben dar). Die Rindenzellen aller Glieder bilden zusammen einen Sack; die mittlern Räume stellen zusammen einen Kanal dar (fig. 11; 15). Da die Zellenbildung in den ursprünglichen Gliederzellen eines Organes in der gleichen räumlichen Richtung statt findet, so stehen die Rindenzellen genau senkrecht übereinander. An jedem Sacke kann man demnach vier verticale (fig. 14) und zwei bis fünf horizontale Zellenreihen unterscheiden. Der Kanal ist unten und oben geschlossen; unten durch die Zelle des Keimblattes, auf welcher er festsitzt (fig. 11; 15, B, C), nach oben durch die vier Zellen des letzten Articulus, welche sich nicht vollkommen von einander getrennt haben (fig. 11, 15, B).

Der beschriebene Bau findet sich an den Organen, die am weitesten ausgebildet sind. Alle Abweichungen, welche existiren, sind darin begründet, dass die Entwicklung nicht alle Stadien in dem gleichen Umfange durchläuft. Die erste Art der Verschiedenheiten trifft die Zellenbildung in der ursprünglichen Gliederreihe zum Behuf des Längenwachsthums. Je nachdem dieselbe weiter oder weniger weit fortschreitet, varirt die organologische Länge, welche aus zwei (fig. 1, c), drei (fig. 5, b, f; 6; 7), vier (fig. 11; 13; 14; 15, A), fünf (fig. 15, B, C) oder sechs Gliedern besteht. — Die zweite Art der Verschiedenheiten wird durch die Zellenbildung in den ursprünglichen Gliederzellen zur seitlichen Vermehrung bewirkt. Wenn dieselbe in allen Gliedern auftritt, so hat das Organ den oben beschriebenen Bau, und jedes Glied besteht aus vier peripherischen Zellen. Zuweilen mangelt die Zellenbildung im Endglied, oder im Basisglied, oder in beiden zusammen. Dann bestehen diese Glieder zeitlebens aus einer einzigen Zelle, und der mittlere Kanal wird nach unten (fig. 1, c; 5, b; 9), oder nach oben (fig. 5, f), oder nach unten

und oben (fig. 6; 7; 15, A) durch eine ungetheilte Gliederzelle geschlossen.

Diese Verschiedenheiten im Bau des Organs betreffen bloss die extensive Ausdehnung der beiden Wachsthumsmomente 1) durch horizontale Wände in der Endzelle und 2) durch verticale Wände in den Gliederzellen. Sie ändern nichts an der Funktion und Bedeutung des Organs. Wenn aber die eine oder beide Zellenbildungen gänzlich mangeln, so abortirt dasselbe. Es besteht dann z. B. aus zwei aufeinander gesetzten grünen Zellen, wenn die zweite Zellenbildung nicht eingetreten ist, oder bloss aus einer einzigen grünen Zelle, wenn auch die erste fehlt.

Nicht immer ist der anatomische Bau der Spiralfadenorgane deutlich zu erkennen. Ehe sich dieselben entleeren, ist ihr mittlerer Raum häufig mit Zellchen so vollgepfropft, dass die peripherischen Zellen in ihrem radialen Durchmesser ganz zusammengedrückt werden. Es scheint dann, als ob die Wand bloss aus einer etwas dicken Membran mit doppelten Conturen gebildet würde (fig. 13); und zuweilen glaubt man, bloss eine einfache mit Körnern oder Zellchen erfüllte Zelle vor sich zu haben (fig. 1, c; 12). Sobald aber der Sack sich entleert, so dehnen sich die Rindenzellen wieder aus, und sind dann als solche leicht zu erkennen. — Gewöhnlich enthalten die Rindenzellen bloss eine wasserhelle Flüssigkeit (fig. 6, c; 15, b); häufig ist ein lateraler Kern (fig. 5, b; 11, c), selten einige Körnchen in ihnen bemerkbar.

Der mittlere Raum erscheint zuerst homogen-schleimig oder feingekörnt (fig. 5, b, f), und ungefärbt Einzelne zarte Linien oder Kreise deuten auf Zellenbildung, die aber nicht deutlich erkannt werden kann. Das Resultat dieser Zellenbildung ist immer eine Menge kleiner gleichförmiger Zellchen. Wenn sie sehr gedrängt liegen, so erscheinen sie parenchymatisch (fig. 13); wenn sie weniger dicht beisammen sind, so haben sie eine sphärische Gestalt (fig. 6—9 etc.). Gewöhnlich scheinen sie ohne Ordnung nebeneinander zu liegen. Mehr-

mals jedoch erkannte ich, wenn ich das Organ von oben betrachtete, ein Zellchen im Centrum, umgeben von einer Reihe von neun bis zwölf anderer Zellchen (fig. 10).

Vor allem aus wirft sich die morphologisch wichtigste Frage auf, auf welche Weise diese Zellchen entstehen Der erste Anblick mit oberflächlicher Beurtheilung scheint darauf zu führen, dass der ganze innere Raum des Sackes bloss ein erweiterter Intercellularraum sei, dass derselbe mit Schleim sich fülle, und dass in diesem Schleim die Zellchen entstehen. Einen solchen Ursprung hat *Unger* für die Antheridien von *Riccia glauca* angenommen[1], wo eine Partie von Zellen auseinanderweichen, die Höhlung zwischen ihnen mit Schleim sich füllen, und daraus die Saamenzellchen sich organisiren sollen. *Unger* stützt sich auf die Analogie des Sporangium, wo nach ihm ebenfalls die Sporenmasse in einer Höhlung des Parenchyms entsteht. Ich habe *Riccia* selbst zwar noch nicht beobachten können. Es scheint mir aber nicht, dass die Thatsachen, welche *Unger* berichtet, nothwendig nach seiner Art gedeutet werden müssen. Es ist bei Lebermoosen sehr schwer, Untersuchungen über Zellenentwicklung anzustellen, besonders wenn man dazu Durchschnitte nöthig hat, was bei *Riccia* der Fall ist. Die Membranen sind überaus zart, und der Inhalt verändert sich leicht durch eindringendes Wasser. — In *Marchantia* und *Blasia* habe ich beobachtet, dass die Sporenmasse innerhalb des Sporangium mit einer einfachen primären Zelle beginnt, und dass durch Theilung derselben ein Zellgewebe und zuletzt die Sporenmutterzellen hervorgehen. In *Lunularia* dagegen habe ich gesehen, dass das Antheridium in seinem frühsten Zustande ebenfalls eine einfache Zelle ist, aus welcher jenes nach bestimmten Gesetzen der Zellbildung sich entwickelt. Aus der nahen Verwandtschaft von *Marchantia*, *Lunularia* und *Blasia* mit *Riccia* möchte ich

---

1) Linnäa 1839. p. 10.

vermuthen, dass in letzterer Pflanze die Entwicklung des Sporangium und des Antheridium dieselbe sei, und dass der anfängliche Zustand in beiden nicht eine mit körnigem Inhalte sich füllende Höhlung des Parenchyms, sondern eine einfache wahre Zelle sei.

Aus dem eben Gesagten ergiebt sich nicht nur, dass uns für die Annahme, die Spiralfadenzellen des Farrenkeimblattes bilden sich in einem erweiterten Intercellulargang, wenigstens die Analogie mangelt. Sondern es warnt uns sogar vor dieser Annahme, für welche der äussere Anschein spricht; weil wir sehen, dass in einem ähnlichen Falle der äussere Anschein mit einer Täuschung verbunden ist, und nicht die Wirklichkeit ausdrückt.

Es bleibt uns eine andere Annahme übrig, die nämlich, dass bis zur Entstehung der Spiralfadenzellen die Zellenbildung immer in Mutterzellen fortschreite. Wenn dieses richtig ist, so muss sich anfänglich eine Reihe von centralen Zellen bilden, welche von vier Reihen peripherischer Zellen umgeben ist. Diess kann zum Beispiel so geschehen, dass jede ursprüngliche Gliederzelle in fünf Zellen, vier peripherische und eine Mittelzelle sich theilt, wie es bei den Florideen von ähnlichem Bau der Fall ist. Die übereinander stehenden Mittelzellen würden dann durch wiederhohlte Zellenbildung endlich in die Menge von kleinen runden Zellchen übergehen. Dass die Spiralfadenzellmasse die Form eines Intercellularganges annimmt, d. h. in ihrer Gestalt sich nach den angränzenden Zellen richtet, ist leicht begreiflich aus ihrer weichen und verschiebbaren Natur. Dagegen scheint mir für die Annahme einer Zellenbildung in Mutterzellen die regelmässige Lage, die ich mehrmals an den Zellchen beobachtete, zu sprechen; — um so mehr, da diese Lage, ein Mittelzellchen und eine concentrische Reihe von umgebenden Zellchen (f. 10), vollkommen übereinstimmt mit der Structur der Antheridien[1]) der Flori-

1) Ich werde nächstens diese Organe an einem andern Orte beschreiben.

deen, wo ganz bestimmt die Zellen nur in Zellen sich bilden.

Ich habe etwas weitläufiger über diesen Punkt gesprochen, obgleich keine Thatsachen vorliegen, um ihn definitiv zu entscheiden. Aber eben desshalb schien es mir um so nöthiger, nachzuweisen, dass die vorliegende Zellenbildung nicht im Widerspruch stehe mit der an andern Orten allein sicher begründeten Erzeugung von Zellen aus Mutterzellen, und dass sie ungezwungen der allgemeinen Regel untergeordnet werden könne.

Wenn die Spiralfadenorgane mit Wasser in Berührung kommen, so entleeren sie ihren Inhalt, auch wenn die Zellchen noch nicht ausgebildet sind. Im unentwickelten Zustande (fig. 16, a-e) stellen dieselben runde Bläschen von 0,004''' bis 0,005''' im Durchmesser dar, welche einen homogenen, oder feingekörnten farblosen Schleim enthalten. In andern liegen kleine grüne Körnchen (Chlorophyllkügelchen ohne Zweifel) in dem Schleime. Viele besitzen ein wandständiges Kernchen, welches sich wie ein rundliches Bläschen von dünnerer Substanz in dem Schleime ausnimmt (a, b, c). Andere Male erscheint diess Kernchen als ein glänzendes dichtes Korn (e), wie das Kernchen in den Saamenfadenzellen von *Chara* und von *Marchantia*. Es ist diess kleinere feste Schleimkorn wohl nichts anderes als jenes grössere durchsichtige Kernbläschen, durch Wasser verändert; eine Veränderung, wie sie allgemein an jungen und halbflüssigen Kernen[1]) auftritt. — Vielleicht nun, dass die verschiedenen Zustände der unentwickelten Spiralfadenzellen so anzuordnen sind. Zuerst enthalten dieselben einen Kern uud homogenen Schleim (fig. 16, a). Der Schleim körnt sich (b), und bildet kleine Chlorophyllkügelchen, welche, wie in andern Zellen, zuweilen um den Kern gruppirt sind (c). Dann erfolgt die Auflösung des Kernes, der Chlorophyll- und Schleimkörnchen. Das Zellchen ist bloss mit farblosem ho-

---

1) Vgl. oben pag. 61 und 65; Tab. II. 21, a, b und 25, a, b, c.

mogenem Schleim erfüllt. In demselben tritt die Bildung des Spiralfadens auf. — Die Analogie so vieler anderer Zellen macht diese Folgenreihe von Veränderungen wahrscheinlich.

Das ausgebildete Zellchen enthält nur einen Spiralfaden (fig. 17). Derselbe macht in der Regel zwei Windungen; zuweilen ist er bloss bis auf $1\frac{1}{2}$, zuweilen jedoch bis auf $2\frac{1}{2}$ und 3 Windungen deutlich. Er hat ein breiteres stumpfes und ein dünnes spitzauslaufendes Ende. An demselben sah ich einigemal ziemlich deutlich einen längern fadenförmigen Anhang, ähnlich wie *Meyen* die Saamenthiere der Charen abbildet. Das dickere Ende ist zuweilen fast keulenförmig erweitert. Wenn der Faden recht deutlich, im Zellchen eingeschlossen oder frei, gesehen wird, so erkennt man ihn als ein Band, welches mit der breiten Fläche an der Membran des Zellchens liegt. Er gleicht dann vollkommen den Spiralfasern in vielen Spiralfaserzellen. — Die Zellchen, von oben angesehen, erscheinen rund; von der Seite sind sie elliptisch oder kurz cylindrisch. Sie platzen, wodurch der Spiralfaden mehr oder weniger frei wird. Gewöhnlich bleiben einige Rudimente des Zellchens an demselben hängen und werden von ihm fortgeführt. Häufig haftet die Membran wie ein Mantel daran fest (g). Zuweilen jedoch macht sich der Spiralfaden ganz frei (h). — Wenn der Spiralfaden noch im Zellchen eingeschlossen ist, so liegen die Windungen enge an einander. Sobald er frei wird, so dehnt er sich in die Länge, und wird schraubenzieherförmig. Häufig jedoch entfernen sich die Windungen nicht von einander, so dass die Achse des Fadens kurz bleibt.

Wenn die Spiralfadenzellchen aus ihrem Sacke entleert worden sind, so liegen sie oft einige Zeit lang, 1—10 Minuten, still auf der Stelle. Dann beginnt eines um das andere, sich zu bewegen. Zuerst drehen sie sich auf demselben Platze bloss um ihre Achse. Man sieht noch nicht, dass irgend etwas von dem Spiralfaden herausgetreten wäre. Allmälig fangen sie an, von der Stelle zu rücken, erst lang-

sam, dann nach und nach schneller. Dabei dreht sich das Zellchen immer um seine Achse. Zugleich sieht man, dass ein Stück des Spiralfadens über das Zellchen hervorsteht. Das Zellchen reisst dann vollständig, und der Faden kommt in seiner ganzen Länge mit dem Wasser in Berührung. Die Bewegung ist nun bedeutend rascher. — Häufig bewegen sich die Zellchen sogleich, wenn sie aus dem Sacke ausgetreten sind; zuweilen rotiren sie schon, wenn sie noch in demselben eingeschlossen sind, und ehe er sich geöffnet hat. Das letztere geschieht, wenn sie nicht dicht beisammen liegen.

Da diese Spiralfaden ziemlich gross sind, wenigstens beträchtlich grösser als die Saamenfaden der Marchantien, so ist es nicht sehr schwer, ihre Bewegung zu studiren. Am einfachsten ist sie, wenn der Faden noch in der Zelle eingeschlossen ist, und dieselbe bloss rotirt. Sie bewegt sich nicht von der Stelle, sondern dreht sich bloss um ihre Längenachse, d. h. um diejenige, welche zugleich Achse des Spiralfadens ist. Ueberhaupt findet die Drehung an den Zellchen nie um eine andere Achse statt. Eine gleiche Bewegung zeigen auch freie Spiralfaden, aber nur dann, wenn die Windungen ganz enge an einander liegen (fig. 18). Wenn die Windungen dagegen aus einander stehen, so ist immer zugleich auch eine fortschreitende Bewegung vorhanden. Ganze Zellchen, die dem Wasser überall eine gleiche Oberfläche bieten, ermangeln der Bedingung zu einer Ortsveränderung; ebenso die Spiralfaden mit geschlossenen Windungen. Diese erste Art der Bewegung besteht somit in nichts Anderm, als dass der Spiralfaden sich um seine eigene Achse dreht oder dass jeder Punkt des Spiralfadens einen auf dessen Achse senkrechten Kreis beschreibt, dessen Halbmesser gleich ist dem respectiven Halbmesser des Spiralfadens.

Eine zweite Bewegung ist die, dass der Faden zugleich um seine Achse sich dreht, und in gerader Linie fortrückt (fig. 20). Er kann frei oder noch theilweise im Zellchen ein-

geschlossen sein. Als Gesetz für diese Bewegung gilt, dass dasjenige Ende, welches in der Drehung um die Achse vorangeht, zugleich in der fortschreitenden Bewegung das vordere ist, und ferner, dass der Faden nur genau in der Richtung seiner Achse vorwärts geht. Die Achse des sich drehenden Spiralfadens schreitet in grader Richtung vorwärts; oder jeder Punkt des Spiralfadens beschreibt eine Schraubenlinie von gleichem Halbmesser.

Eine dritte Art der Bewegung ist diejenige, dass ein Zellchen oder seltner ein freier Spiralfaden einen Kreis beschreibt, und zugleich um seine Achse sich dreht, wobei als gesetzmässig erscheint, dass immer auf einen Umlauf nur eine Drehung um die Achse kommt, und dass der Kreis des Umlaufes die Achse des Spiralfadens unter einem rechten Winkel schneidet. Ich sah diese Bewegung nicht häufig, und dabei constant, dass der Spiralfaden eng gewunden war, und dass das dickere Ende voranging, und zugleich dem idealen Centrum des Umlaufskreises abgekehrt war (fig. 19). Weil aber hier Rotation und Umlauf, der Zeit nach, zusammentreffen, so bleibt das dickere und vordere Ende immer aussen. Diese Bewegung ist also vollkommen analog dem Umlaufe des Mondes um die Erde. Die Achse des sich drehenden Spiralfadens beschreibt während einer Drehung einen Kreis, dessen Ebene sie unter einem rechten Winkel schneidet; oder jeder Punkt des Spiralfadens beschreibt einen auf dessen Achse senkrechten Kreis, dessen Durchmesser grösser ist als der Durchmesser des Spiralfadens.

Wenn die eben beschriebene Bewegung in senkrechter Richtung zu ihrer Fläche fortschreitet, so entsteht die vierte Art der Bewegung. Der ganze Spiralfaden beschreibt eine Schraubenlinie (fig. 22). Im zweiten Falle bewegte sich jeder Punkt des Spiralfadens als Schraubenlinie, der ganze Spiralfaden aber in grader Richtung. In diesem vierten Falle dagegen beschreibt der Spiralfaden selbst eine Schraubenlinie. Die Achse

dieser Schraubenlinie ist eine grade Linie, sie ist der fortrückende Mittelpunkt der dritten Bewegung. Ob auch hier, wie in der dritten Bewegung, eine Achsendrehung genau auf einen Umlauf komme, so dass also immer der gleiche Theil des Spiralfadens nach Aussen gekehrt wäre, ist mir zwar nicht sicher, doch dem Anblicke nach sehr wahrscheinlich. Die Achse des sich drehenden Spiralfadens beschreibt eine Schraubenlinie, deren Achse mit der Achse des Fadens parallel ist, oder (wenn die eben ausgesprochene Vermuthung richtig ist) jeder Punkt des Spiralfadens beschreibt eine Schraubenlinie, deren Halbmesser grösser ist als der Halbmesser des Spiralfadens.

Eine fünfte Art der Bewegung entsteht endlich, wenn die dritte Bewegung in paralleler Richtung mit ihrer Fläche fortschreitet. Die ganze Bewegung findet in einer graden Ebene statt, auf welche die Rotationsachse senkrecht steht (fig. 23, 24). Der rotirende Spiralfaden beschreibt eine Cycloide. Ob es die Cycloide eines Punktes der Peripherie, oder eines innerhalb oder ausserhalb der Peripherie gelegenen Punktes sei, kann ich nicht mit Bestimmtheit angeben. Es scheinen aber alle drei Bewegungen vorzukommen; jedenfalls existirt die erstere und höchst wahrscheinlich auch die Cycloide mit Schleifen. Auch hier spricht der Anschein dafür, dass eine Achsendrehung der Zeit nach mit einer Umlaufsdrehung zusammentreffe. Ebenso scheint diese Bewegung nur enge gewundenen Faden eigenthümlich zu sein. — Die Achse des sich drehenden Spiralfadens beschreibt eine Cycloide, deren Ebene sie unter einem rechten Winkel schneidet, oder (wenn die Vermuthung in Bezug auf das Zeitverhältniss zwischen Rotation und Bewegung richtig ist) jeder Punkt des Spiralfadens beschreibt eine auf dessen Achse senkrechte Cycloidenlinie.

Es ist möglich, dass es noch andere Arten der Bewegung giebt. Ich sah bis jetzt mit Bestimmtheit bloss die angegebenen.

Dabei geht bald das dicke, bald das dünne Ende des Fadens voran. Zuweilen kommen Combinationen von zwei verschiedenen Bewegungen vor. So sieht man nicht selten, dass an einem mit dem spitzen Theil vorangehenden Faden das kopfförmige hintere Ende genau in einer graden Linie (Achse der Bewegung) fortrückt, das vordere fadenförmige Ende weitere oder engere Schrauben um diese Achse beschreibt; — so dass die Achse des Spiralfadens in jedem Momente einen gleichen schiefen Winkel zur Achse der Bewegung bildet (fig. 21). Ein Punkt (das hintere dicke Ende) des Spiralfadens beschreibt eine grade Linie; alle übrigen Punkte des Spiralfadens beschreiben Schraubenlinien (um jene grade Linie), deren Windungen um so grösser sind, je weiter sie von dem hintern Ende abstehen.

Ausserdem scheint die Bewegung häufig zwar unregelmässig, dadurch besonders, dass sie plötzlich stille steht, ablenkt oder umkehrt. Diese Unregelmässigkeiten sind aber nicht von der Art, dass sie nicht genügend aus störenden Verhältnissen, die in der Flüssigkeit selbst sich finden, abgeleitet werden könnten. Keineswegs ist die Bewegung eine willkührliche; sie ist dafür viel zu regelmässig und mechanisch. Auch zeigt eine genaue Vergleichung mit derjenigen der Infusorien, dass beide völlig verschieden sind.

Der Grundtypus der Bewegung ist die Drehung um die Achse, wie diess auch *Schleiden* [1]) für die Saamenfaden der übrigen Cryptogamen ausgesprochen hat. Dass diese Drehung um die Achse ihm als eine ursprüngliche Eigenschaft, frei von jeder andern Bewegung, eigenthümlich sei, beweisen diejenigen runden und geschlossenen Zellchen, welche mit ihrem eingeschlossenen Faden, im Wasser oder noch in dem Organ der Pflanze, sich bloss um ihre Achse drehen. Diese Eigenschaft müssen wir einmal, wegen des Factums selbst, den Spiral-

---

1) Grundzüge II. p. 67.

faden beilegen. Aus ihr können dann aber alle andern Erscheinungen abgeleitet werden. Dass die Bewegung fortschreitet, ergiebt sich nothwendig aus der schraubenförmigen Gestalt. Dass sie verschiedene Abweichungen von der graden Linie zeigt, geht eben so natürlich aus der ungleichseitigen Construction hervor, da sowohl die Dicke des Fadens, als der Halbmesser der Windungen, als die Entfernung der Windungen von einander am gleichen Spiralfaden von einem Ende zum andern successiv sich ändern.

Es bleibt nun noch übrig, die chemische Zusammensetzung der Spiralfaden zu kennen. Wenn die Zellchen noch mit homogenem oder körnigem Inhalt erfüllt sind, so giebt sich derselbe durch die charakterische Reaktion auf Jod als Schleim (C, O, H, N) zu erkennen, während die Membran ungefärbt bleibt. Sobald der Spiralfaden gebildet ist, so färbt er sich durch Jod in gleicher Weise wie früher der Inhalt, nur intenser. Er wird braun oder dunkelbraun. Die Farbe ist auch genau die gleiche wie die der Zellenkerne des Keimblattes. Die Rudimente der Zellmembran dagegen, welche dem Spiralfaden anhängen, bleiben vollkommen farblos. — Aus diesem Verhalten zu Jod schliesse ich, dass die Spiralfaden aus Schleim d. h. aus quaternären, stickstoffhaltigen Stoffen bestehen[1]

Es frägt sich nun, welche Bedeutung diesen beweglichen Spiralfaden am Keimblatte der Farren zukomme. Bei der Berücksichtung von Analogieen haben wir auf drei Punkte zu achten: 1) auf die Structur und Bewegung der Faden, 2) auf die Structur der Zellchen, aus denen sie entstehen, 3) auf die Entwicklung und das Verhalten des ganzen Organes.

Für das ganze Wesen dieser beweglichen Spiralfaden finden

---

1) Ich werde im folgenden Hefte dieser Zeitschrift zu zeigen suchen, dass stickstoffreiche Substanzen ein bestimmtes Verhältniss zu selbstständiger Bewegung besitzen, während diese letztere den stickstofflosen organischen Stoffen mangelt.

wir eine Analogie bloss in den Saamenfaden der Moose, Lebermoose und Charen. Sonst ist kein Elementarorgan der Pflanze bekannt, welches auch nur von ferne mit ihnen verglichen werden könnte. Die Spiralfasern haben zwar grosse Aehnlichkeit in der Form, und auch darin, dass sie ablösbar sind, und im Wasser sich frei machen können. Die wesentliche Verschiedenheit aber beruht darin, dass die Spiralfasern aus Membranstoff (12 C, 16 H, 8 O) bestehen, und keine Bewegung zeigen, — die Spiralfaden des Farrenkeimblattes dagegen aus Schleim (C, H, O und N) gebildet sind, und sich bewegen. — Auf der andern Seite besteht aber eine so vollkommene Gleichheit aller Erscheinungen zwischen diesen Spiralfaden und den Saamenfaden der Lebermoose, dass man keinen Augenblick über die Identität in Zweifel sein kann. Sie besitzen dieselbe Gestalt und dieselbe Bewegung. Es muss nur noch nachgewiesen werden, dass die Saamenfaden der übrigen Cryptogamen ebenfalls aus Schleim bestehen, was im höchsten Grade wahrscheinlich ist.

Eine gleiche Uebereinstimmung findet zwischen den Spiralfadenzellchen der Farren und den Saamenfadenzellchen der andern Cryptogamen statt. Sie sind alle gleich gross, rund oder durch Druck parenchymatisch, und vollkommen frei von einander (auch in den Marchantiaceen trennen sich die Zellchen, wenn sie ins Wasser kommen, sehr bald). Nirgends kommen sonst im Pflanzenorganismus freie und so gleichförmige Zellen vor, mit Ausnahme der Endospermzellen im Embryosack, welche durch den Mangel der Spiralfaden und durch den gesammten Lebensprocess verschieden sind. — Die Spiralfadenzellchen besitzen ein wandständiges Kernchen wie die Saamenfadenzellchen *(Chara, Marchantia)*. Beide scheinen dadurch von allen andern Zellen sich zu unterscheiden, dass sie bloss die Bedeutung von Kernbläschen haben, und ihr Kernchen nur einem Kernkörperchen analog ist[1]).

---

1) Vgl. oben pag. 72 und pag. 55, Tab. II. 11.

— In den Saamenfadenzellchen und den Spiralfadenzellchen bildet sich auf gleiche Weise bloss ein Spiralfaden; derselbe liegt an der Wand, und hat ein verdicktes und ein zugespitztes Ende. In beiden macht sich der Spiralfaden auf dieselbe Art von der Membran frei.

Das ganze Organ zeigt, wenn es möglich ist, eine noch frappantere Analogie als Zellchen und Spiralfaden. Sie ist desswegen in die Augen springender, weil unter den Antheridien der Cryptogamen selbst eine grosse Verschiedenheit herrscht, und die Spiralfadenorgane der Farren mit einem speciellen Falle übereinstimmen. Es giebt nämlich verschiedene Typen der morphologischen Bildungsweise; von diesen finden sich mehrere bei den Florideen, einer bei den Charen, und einer bei den Leber- und Laubmoosen. Der letztere specifische Typus wiederhohlt sich genau am Farrenkeimblatt. Die Entwicklung beginnt mit einer einfachen Zelle. Aus ihr geht ein einfacher Zellstrang hervor. Die Glieder desselben theilen sich durch Zellbildung. Ihr letztes Resultat ist ein Sack, bestehend aus einer einfachen Zellschicht, welcher die Saamenfadenzellmasse umschliesst. Diese Entwicklungsgeschichte zeigen die Organe der Farren, so wie der Laub- und Lebermoose. Eine unwesentliche Verschiedenheit liegt darin, dass der Sack in den Moosblüthen gestielt, am Farrenkeimblatt dagegen gewöhnlich sitzend ist. Doch kommt er hier auch kurzgestielt vor; wenn nämlich das unterste Glied entweder gar nicht sich theilt, oder bloss zwei oder vier Zellen erzeugt, welche keine Höhlung zwischen sich lassen. Bei den Moosen und Lebermoosen ist das Organ überhaupt grösser, und somit auch der Stiel länger. — Ein anderer Unterschied, welcher wegen seiner Constanz vielleicht wichtiger ist, ist der, dass an den Spiralfadenorganen der Farren die Zellen des Sackes blos in vier, an den Antheridien der Moose und Lebermoose dagegen in mehrern senkrechten Reihen stehen. — Die Stellung des Organes zeigt theils Analogieen, theils Differenzen: erstere, insofern als an Lebermoosen und am

Farrenkeimblatt dasselbe an der Fläche einer blattartigen Frons steht; letztere, weil die Antheridien der Lebermoose in die Substanz des Laubes eingesenkt sind, die Spiralfadenorgane der Farren dagegen frei an der Oberfläche stehen.

Wenn wir nun aus der angestellten Vergleichung einen Schluss ziehen, so muss er aus zwei Gründen zu der Annahme führen, dass die Antheridien der Cryptogamen und die Spiralfadenorgane am Farrenkeimblatte identisch seien: 1) weil sie in allen wesentlichen Eigenschaften übereinstimmen, 2) weil sie vermöge ihrer characteristischen Eigenthümlichkeiten so verschieden von allen andern bekannten Pflanzenorganen sind, dass sie mit keinem derselben auch nur von ferne zusammengestellt werden könnten. Diese Identität in der Morphologie des ganzen Organes und seiner einzelnen Theile, und in den physikalischen (und chemischen) Eigenschaften der Elementartheile kann keinen Zweifel übrig lassen, dass auch die physiologische Bedeutung dieselbe sei. Für diese ist vor allem festzustellen, dass die Antheridien am Keimblatt der Farren constant vorkommen, dass sie (nach meinen Untersuchungen) weder an einzelnen Species, noch an einzelnen Individuen mangeln. Dagegen ist es mir nicht gelungen, sie an der sich entwickelnden Frons zu finden; auch habe ich sie noch nicht in den jungen Fruchthäufchen (*Sori*) gesehen. — Es bedarf wohl überhaupt keines speciellen Nachweises, dass Antheridien bei Farren bis jetzt mangelten, und dass die verschiedenen Organe, welche man abwechselnd als solche in Anspruch nahm, durchaus kein Recht auf diesen Namen hatten.

Man hat die Antheridien mit den Antheren verglichen, ein Missgriff, der nur durch eine Unkenntniss oder Missachtung der Morphologie des Elementarorgans erklärlich ist. Eine Widerlegung dieser Ansicht ist, wie ich glaube, in jetziger Zeit nicht mehr nöthig. Mit andern Organen der Pflanzen sind die Antheridien nicht zusammengestellt worden. Sie zeigen auch zu keinem derselben eine nur entfernte Aehnlichkeit.—

Es bleibt somit noch einzig übrig die Analogie der Antheridien mit den männlichen Zeugungsorganen der Thiere. Für diese Analogie spricht namentlich die gleiche Entwicklungsgeschichte der Saamenfaden bei Pflanzen und Thieren, indem auch bei mehrern Säugethieren die Saamenfaden spiralig gewunden einzeln in Zellchen entstehen [1]; ferner die Aehnlichkeit der Bewegung der Saamenfaden bei Pflanzen und Thieren und endlich der Umstand, dass bei den Cryptogamen diese Saamenfaden der normale Elementartheil eines Organes sind, welches seiner Stellung nach offenbar in irgend einer Beziehung zur Fortpflanzung stehen muss. Diese Gründe scheinen mir allerdings von nicht geringem Gewicht zu sein; und wenn sie auch nicht absolut zu dem Ausspruch berechtigen, dass die Antheridien die männlichen Organe der Cryptogamen seien, so können sie doch zu weitern Forschungen auf dieser Grundlage hin anregen.

Die wichtigsten Einwürfe dagegen sind 1) dass für die Antheridien noch kein analoges Organ in den Phanerogamen gefunden ist, und dass sie selbst noch an mehreren Cryptogamen mit wahren Sporen mangeln; und 2) dass, wie aus den mitgetheilten Untersuchungen hervorgeht, die Antheridien der Farren am Keimblatte vorkommen; so dass fast nicht denkbar ist, welche Beziehung sie hier zur Befruchtung der Sporenzellen haben können, welche nicht bloss der Zeit nach viel später, sondern überhaupt erst dann sich bilden, wenn das Keimblatt schon längst verschwunden ist.

---

1) *Kölliker* Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Saamenflüssigkeit wirbelloser Thiere etc. Berlin 1841. pag. 56. Die gleiche Bildungsweise der Saamenfaden zeigen, wie mir der Verf. sagt, auch die Vögel, die Amphibien, und die Insekten.

Erklärung von Tab. IV.

1--4. *Aspidium augescens Link.*

1. Ein junges Keimblatt, das noch bloss aus einer einfachen Zellschicht besteht. a-c Spiralfadenorgane, die am Rande stehen. a ein unentwickeltes Organ auf der ersten Bildungsstufe; es wird erst durch eine Zelle gebildet. b ein gleiches, aus zwei Zellen bestehend. c, c ausgebildete Organe mit Spiralfadenzellchen; die umschliessende Zellschicht ist zusammengedrückt, und erscheint daher bloss als eine strukturlose Membran. d, e, f auf der untern Fläche des Keimblattes, von oben angesehen; die Basiszellen sind hier nicht sichtbar; in e erscheinen die Linien, wo die vier obern Zellen des Sackes zusammenstossen; f enthält wenige wasserhelle Zellchen. g, g kurze, an der Spitze keulenförmig angeschwollene Haare, deren Membran daselbst durch Extracellularsubstanz verdickt ist. h, h Wurzelhaare. i, i Zellenkerne. k Spore.

2. Ein Keimblatt, das noch bloss aus einem Zellfaden besteht. a, a, b Spiralfadenorgane, deren Inhalt ausgetreten ist; die Zellen des Sackes haben sich wieder ausgedehnt; die Höhlung des Sackes ist auf einen schmalen Kanal verschwunden, welcher eine fest und braun gewordene Masse enthält. c, c Zellenkerne. d, d Wurzelhaare. e Spore.

3. a ein unentwickeltes Organ, durch eine Zelle gebildet, welche einen farblosen und zarten Schleim und von der Wandung losgelöste Chlorophyllkügelchen enthält. b, b Zellen des Keimblattes mit wandständigem Chlorophyll.

4. a wie fig. 3 a; die Zelle ist länger geworden; b, b Zellen des Keimblattes.

5—9. *Aspidium concinnum Link.*

5. Rand des Keimblattes mit drei Spiralfadenorganen. a ein unentwickeltes Organ aus zwei Zellen mit Kernen bestehend. b, c entwickelte Organe, in welchen jedoch noch keine Spiralfadenzellchen gebildet sind, und wo der Inhalt des mittlern Raumes noch ein körniger und schwach grünlicher Schleim ist. In b ist das unterste Glied eine ungetheilte Zelle geblieben mit wandständigem Kern; das zweite und dritte Glied hat sich jedes in einen mittlern Raum und in vier peripherische Zellen getheilt, von denen in einer ein Kern sichtbar ist; die Zellen enthalten eine wasserhelle Flüssigkeit. In c haben sich die zwei untern Glieder (f und g) getheilt; das oberste (h) ist ungetheilt, und zeigt einen Kern. i-i Randzellen des Keimblattes.

6. a ungetheilte unterste Gliederzelle mit Kern. b ungetheilte oberste Gliederzelle. c mittleres Glied aus vier umschliessenden Zellen und der eingeschlossenen Spiralfadenzellmasse bestehend.

7. Ein abgerissenes Organ. a ungetheilte erste Gliederzelle. b ungetheilte dritte Gliederzelle mit Kern. c die umschliessenden Zellen (fig. 6, c) sind stark zusammengedrückt.

8. Stellt fig. 7 von oben dar.

9. Wie fig. 7. a ungetheilte erste Gliederzelle. b ungetheilte dritte Gliederzelle (fig. 7, b); sie ist, wie die umschliessenden Zellen des zweiten Gliedes (c), stark zusammengedrückt.

10—16. *Asplenium dissectum Link.*

10. Spiralfadenorgan von oben angesehen (D. M. = 0,015‴); die Zellchen sind regelmässig gelagert, als eine concentrische Reihe um ein mittleres Zellchen.

11. Ein Organ (Länge = 0,030‴; Breite = 0,022‴) an dem Mittelnerv eines grössern Keimblattes; derselbe besteht

daselbst aus vier Zellschichten. Alle vier Glieder des Organes (a, b, c, d) haben sich getheilt; in den Wandzellen des Gliedes c sind Kerne sichtbar. A der Sack, ehe er sich entleerte. B der Sack ist an der Spitze (zwischen den Wandzellen des Endgliedes d) aufgeplatzt, und hat einige 50 Spiralfadenzellchen heraustreten lassen; etwa 15 sind noch zurückgeblieben. B′ stellt B von oben gesehen dar; der Focus trifft das dritte Glied c.

12. Nur die Wandzellen des untersten Gliedes a sind deutlich; die der übrigen Glieder sind comprimirt, und erscheinen als eine strukturlose Membran. Der Focus trifft die Achsenfläche.

13. Ein gleiches Organ wie fig. 12 (Länge = 0,040‴, Breite = 0,024‴); der Focus trifft die obere Wand; man erkennt die Querlinien, wo die Wandzellen der vier Glieder (a, b, c, d) aneinander stossen. Die Spiralfadenzellen erscheinen als ein regelmässiges Parenchym.

14. Ein oben geöffneter und ganz entleerter Sack; er ist durch vier Reihen von je vier senkrecht übereinander gestellten Zellen gebildet.

15. Durchschnitt durch den Seitentheil des Keimblattes, wo es aus einer einfachen Zellschicht besteht (f-f); die Spiralfadenorgane stehen auf der untern Fläche. A hat vier Glieder: das unterste (a) und das oberste (d) sind ungetheilte Gliederzellen; das zweite (b) und das dritte (c) haben sich in Wandzellen und in einen mittlern Raum getheilt. Die Querlinien zwischen den Gliedern b und c und zwischen c und d erscheinen bloss, wenn der Focus die obere Wand trifft. B und C (Länge = 0,045‴, Breite = 0,028‴) besitzen fünf Glieder (a, b, c, d, e), welche sich alle getheilt haben. Die Querlinien gehen nicht durch die Höhlung des Sackes, sondern sie sind bloss sichtbar, wenn man die Wandzellen im Focus hat, ebenso die Längslinie in C. Die Wandzellen der beiden äussern Glieder (d und e) in C sind membranartig zusammengedrückt. B′ und C′ zeigen die Organe B und C, von oben angesehen.

16. Unentwickelte Spiralfadenzellchen. a, b, c mit homogenem Schleim und einem wandständigen wasserhellen Kernchen; in b liegen kleine Körnchen in dem Schleim; in c liegen einige Chlorophyllkügelchen am Kernchen. d mit ungefärbtem Schleim und kleinen grünen Körnchen. e mit ungefärbtem Schleim und einem glänzenden, weissen Kernchen.

17—24. *Spiralfaden von verschiedenen Farrenkeimblättern.*

17. a, b, c, d, e Spiralfaden noch im Zellchen eingeschlossen; f zur Hälfte frei; g die Membran des Zellchens ist zerrissen, sie bleibt an dem Faden hängen; h, i nackte Faden.

18. Der Spiralfaden dreht sich um den gleichen Punkt, mit dem breitern Ende voran.

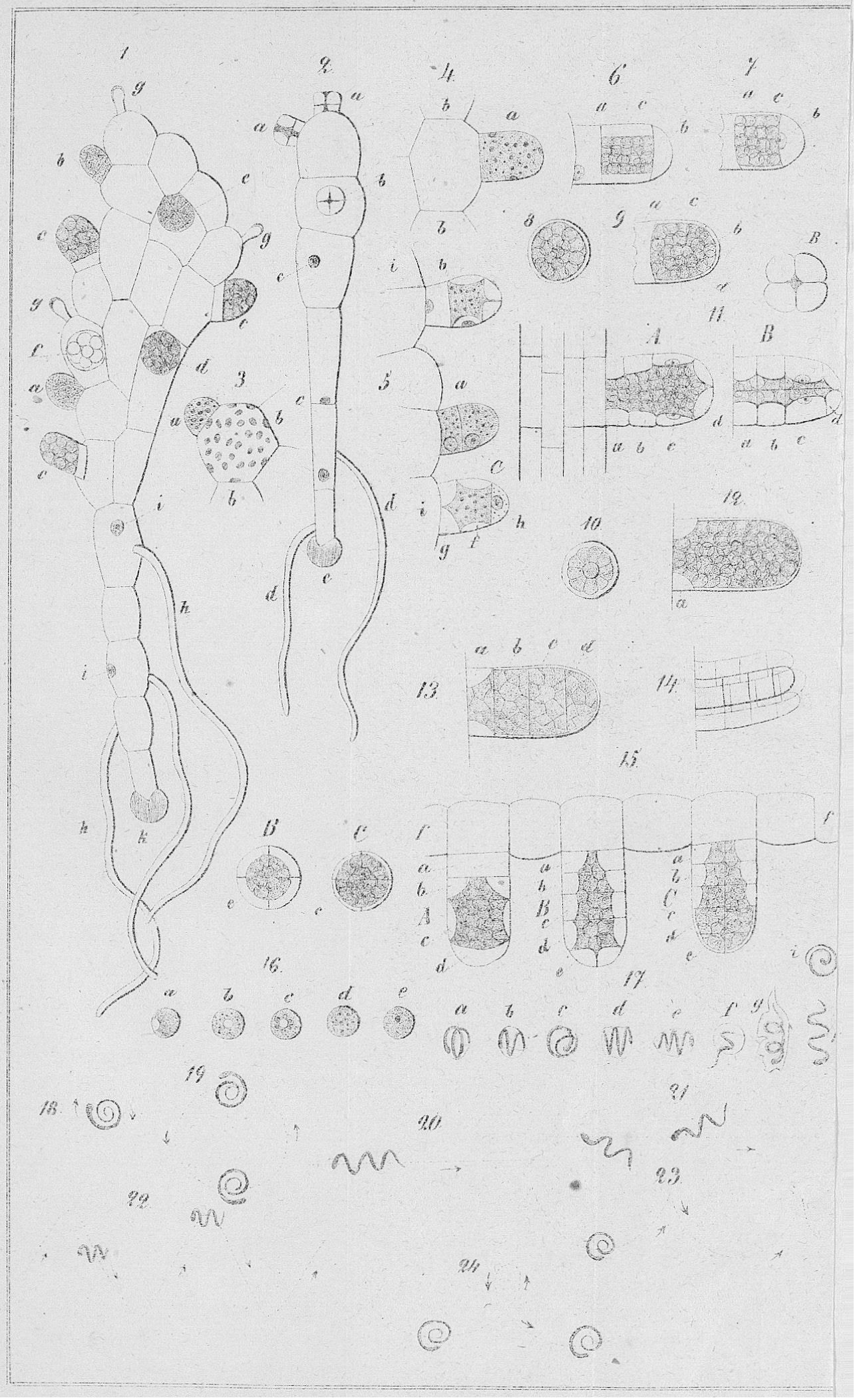
19. Der Spiralfaden dreht sich um seine Achse, und beschreibt einen Kreis; das dickere Ende geht voran.

20. Der Spiralfaden dreht sich um seine Achse, und rückt, mit dem spitzen Ende voran, in gerader Richtung fort.

21. Der Spiralfaden schreitet mit dem hintern dickern Ende in gerader Linie, mit dem dünnen vordern Ende in einer Schraubenlinie vorwärts, indem er sich zugleich um seine Achse dreht.

22. Der Spiralfaden dreht sich um seine Achse, und beschreibt eine Schraubenlinie, indem das spitze Ende das vordere ist.

23, 24. Der Spiralfaden dreht sich um seine Achse und beschreibt eine Radlinie.


1
2.
3
4.
5
6
7
8
9
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19
20
21
22.
23.
24.