

Ueber die Fortpflanzung der Rhizocarpeen

Autor(en): **Nägeli, Carl**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik**

Band (Jahr): **1 (1844-1846)**

Heft 3-4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-357988>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ueber die Fortpflanzung der Rhizocarpeen

VON

Carl Nägeli.

(Tab. IV. Fig. 15 — 26.)

Die Fortpflanzung der Gewächse, so oft schon Gegenstand mühsamer Beobachtung, bietet doch noch äusserst wenig Sicheres dar, von den Algen an aufwärts bis zu den Phanerogamen. Fast kein Punct, über den die Ansichten harmonirten, und der als abgeschlossen betrachtet werden könnte; — und ebenso ist fast kein Punct, der, wenn er auch in seinem Gebiete als sicher ausgemittelt erscheint, mit Thatsachen, die in andern Gebieten ebenso sicher ausgemittelt erscheinen, sich in Uebereinstimmung bringen liesse, und der somit die nothwendige Kritik der natürlichen Analogie bestehen könnte.

Besonders ist es die geschlechtliche Fortpflanzung, für welche auch nicht die allererste Grundlage, die Bedeutung der Organe, gesichert ist. Was sind die Antheridien bei den Florideen, Moosen, Characeen und Farren? Was die Pollenkörner von Selaginella, der Rhizocarpeen und Phanerogamen? Was die Embryosäcke der gleichen Pflanzen? Was die Phanerogamen betrifft, so dominirt jetzt zwar die *Schleiden'sche* Theorie. Aber auch ihr stehen gewiss noch bedeutende Modificationen bevor.

Die Rhizocarpeen können als der Schicksalsknoten für die geschlechtliche Fortpflanzung der Pflanzen betrachtet werden. Sie stehen an der Grenze zwischen Phauerogamen und Cryptogamen, und

zeigen typische Analogien nach beiden Seiten hin. Gehören sie ihrem Begriffe nach zu den erstern oder den zweiten? Die genaue Kenntniss ihrer Fortpflanzung wird gewiss viel Licht über die Fortpflanzung im Allgemeinen verbreiten, und manches Zweifelhafte entscheiden, manches für sicher Gehaltene wieder in Zweifel ziehen. Sagt doch selbst *Schleiden*, dass »gerade die Rhizocarpeen es seien, durch welche er seine Ansichten (über die Befruchtung der Pflanzen) völlig glaube festgestellt zu haben.«

Einige Beobachtungen, welche ich im Winter 1843—44 über das Keimen von *Pilularia* machte, die mir Herr *Bauer* von Berlin gefälligst zuschickte, lieferten mir ein so überraschendes, und von der *Schleiden*'schen Darstellung so abweichendes Resultat, dass ich es, bis nach vollkommener Bestätigung durch fernere Untersuchungen, zurückhalten wollte. Im folgenden Jahre machte ich an cultivirten Exemplaren der gleichen Pflanze die nämliche Beobachtung. Im Herbst 1845 empfieng ich durch die Güte von *A. Braun* drei Rhizocarpeen *Salvinia*, *Marsilea* und *Pilularia*, von denen aber leider bloss die letztere keimte. Sie zeigte dieselben Erscheinungen, welche ich schon früher wahrgenommen.

Obgleich ich zu keinem Abschlusse mit meinen Beobachtungen an *Pilularia* gekommen bin, so theile ich dieselben doch mit, da leider in meiner Nähe keine Rhizocarpeen vorkommen, und mir daher die so nothwendige vergleichende Untersuchung der übrigen Gattungen unmöglich ist. Ich werde dazu um so mehr bestimmt, da das neueste Werk über die Rhizocarpeen¹⁾, obgleich es sich fast ganz mit Entwicklungsgeschichte befasst, gerade über den wichtigsten Punct, nämlich über das Verhalten der Pollenschläuche und über das Entstehen des Embryo's keine eigene Ansicht ausspricht, sondern sich auf das Zeugniß *Schleiden*'s beruft.

Ich hoffe, dass die Wichtigkeit der mitzutheilenden Beobachtungen die Forscher, welche in Gegenden, die mit Rhizocarpeen gesegnet sind, wohnen, bewegen möge, die Befruchtung dieser

¹⁾ Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen von *Georg Mettenius*. 1846.

Gewächse noch weiter zu verfolgen, und entweder die Theorie *Schleiden's*, oder die von mir in Aussicht gestellte Möglichkeit über fernere Zweifel zu erheben, und das Irrthümliche der einen oder andern Beobachtungen aufzuklären.

Die Anthere erscheint, nachdem sie durch Zellenbildung angelegt ist, als ein verkehrt-eiförmiger oder birnförmiger, gestielter Körper von Zellgewebe. Die äusserste Zellschicht wird zur Wandung des Antherensäckchens. Die Zellen des innern Gewebes werden zu Mutterzellen, in denen (durch wandständige Zellenbildung) je vier tetraëdrisch-gestellte Specialmutterzellen, in jeder derselben eine Spore entstehen, auf gleiche Weise wie bei der Pollenbildung der Phanerogamen und der Sporenbildung der viersporigen Cryptogamen. Zuletzt liegen die Sporen frei im Antherensäckchen.

Nach *Mettenius* soll die Anthere nach ihrer Anlage ein mit flüssigem Bildungsstoff gefülltes Säckchen sein; in der Flüssigkeit sollen auf ähnliche Weise, wie im Embryosack die Endospermzellen, die Mutterzellen frei entstehen. Es stimmt diess nicht mit meinen Beobachtungen überein; ich sehe, ehe die Pollenbildung beginnt, innerhalb des Säckchens ein zartes, weiches Parenchym.

Das Ovulum ist nach Beendigung der vegetativen Zellenbildung ein fast kugelig oder eiförmiger, gestielter Körper von Zellgewebe. Die äusserste Zellschicht wird zur Wandung des Eisäckchens. Die Zellen des innern Gewebes (alle?) werden zu Mutterzellen, in denen durch wandständige Zellenbildung je vier tetraëdrisch-gestellte Tochterzellen entstehen. Von diesen vier Zellen, welche miteinander verbunden bleiben und eine Gruppe bilden, dehnt sich immer Eine beträchtlicher aus, während die andern drei klein bleiben, und an der Peripherie der ersten als ein kleines Würzchen festsitzen. Von einer im Centrum liegenden Gruppe, welche in der Entwicklung den übrigen voraus eilt, nimmt die grosse Zelle nach und nach das ganze Lumen des Eisäckchens ein, indem sie die übrigen Gruppen verdrängt, und zur Auflösung veranlasst. Sie ist der *Embryosack*.

*Schleiden*¹⁾ beobachtete zuerst die Entstehung des Embryosackes. Er fand dabei »in einigen frühern Zuständen das Eisäckchen zum Theil mit zarten, wasserhellen, kugeligen Zellen, zum Theil mit Gruppen von vier tetraëdrisch-vereinigten Zellen gefüllt.«

Mettenius giebt an, dass das Ovulum nach seiner Anlage, in gleicher Weise wie die junge Anthere, ein mit flüssigem Bildungstoff gefülltes Säckchen sei, in welchem die Mutterzellen frei entstehen.

Nach meinen wenigen Beobachtungen glaube ich aussprechen zu dürfen, dass *Anthere* und *Ovulum* zuerst ein continuirliches Zellgewebe sind, an dem die Zellen der äussersten Schicht grösser und heller werden; dass in beiden die innern Zellen (ob alle oder nur einzelne, weiss ich nicht) zu Mutterzellen werden; dass endlich diese Mutterzellen durch wandständige Zellenbildung sich in vier tetraëdrisch-gestellte Tochterzellen theilen. In dem Ovulum sah ich einigemal zwischen den Gruppen von je vier Zellen ein weiches, undeutliches Parenchym.

Anthere und *Ovulum* zeigen also merkwürdiger Weise bis auf einen gewissen Punct der Entwicklung eine vollkommene Uebereinstimmung. Bis nach der Theilung der Mutterzellen in vier Tochterzellen ist die Bildungsgeschichte die nämliche. Erst hier weicht sie auseinander. In der *Anthere* sind die vier Tochterzellen sowohl untereinander als mit allen übrigen Tochterzellen gleichwerthig: in jeder entsteht eine Pollenzelle. Im *Ovulum* sind die vier Zellen untereinander ungleich, indem bloss Eine sich ausdehnt; ebenso sind die Gruppen von einander verschieden, indem bloss Eine zur Entwicklung gelangt, und die andern aufgelöst werden.

Die Pollenzellen bilden eine äussere, harte, braungelbe Haut. Die Embryosackzelle erzeugt ebenfalls eine derbe, lederartige, weissliche, später ebenfalls oft braungelbe, äussere Haut, welche an deren oberm Theile bedeutend stärker, und in ihrer äussern

¹⁾ Grundzüge, erste Auflage, II. pag. 104.

Partie radial-gestreift ist, und welche bald mit einer Gallertschicht bedeckt wird.

Nach *Schleiden* besteht die lederartige Hülle des Embryosackes aus sehr kleinen, fast nicht zu unterscheidenden Zellen. Ich glaube aber, dass dieser Anschein bloss von der radialen Streifung einer sonst structurlosen Membran herrührt, und stimme daher *Mettenius* bei, welcher dieselbe auf gleiche Weise, wie die äussere Haut der Sporen und Pollenkörner, entstehen lässt.

Nach Oeffnung der Kapsel und nach Auflösung der Antherensäckchen und Eisäckchen liegen die Pollenkörner und Embryosäcke frei in einer gallertartigen Masse nebeneinander.

Der Embryosack bildet an der Spitze ein kurzes Wärzchen, welches nach und nach grösser wird, und sich als aus Zellgewebe bestehend erweist. Innerhalb dieses Wärzchens, oder des Keimwulstes, bildet sich der Embryo. Die Entstehung, das Wachsthum des Keimwulstes und die Veränderungen, welche in demselben vorgehen, sind von der grössten Wichtigkeit, indem sie vorzüglich die Frage über die Befruchtung entscheiden. Leider gehört hier die Untersuchung zu den schwierigern, da wegen Undurchsichtigkeit nichts an dem *ganzen* Embryosack gesehen werden kann, und da die Durchschnitte wegen der derben äussern Haut leicht missrathen. Meine Untersuchungen liefern mir keine vollständige Entwicklungsreihe. Ich will einige Stadien, welche mir ziemlich sicher scheinen, besonders hervorheben.

Im jüngsten Zustande ist der Keimwulst ein kurzer, cylindrischer oder kegelförmiger, hohler, an der Spitze geöffneter Körper, dessen Wandung, wie der senkrechte Durchschnitt zeigt (Tab. IV. Fig. 15), aus einer horizontalen kreisförmigen Reihe senkrechtstehender Zellen gebildet wird. Ich glaube, dass vier solcher Zellen da sind. Die Zellen (Fig. 15, *b*) werden aussen von der äussern Haut des Embryosackes überzogen (Fig. 15, *a*).

Ein etwas späterer Zustand zeigt, dass die senkrechtstehenden Zellen, welche den Keimwulst ursprünglich bildeten, sich durch eine horizontale Wand in eine obere und eine untere Zelle theilten (Fig. 16, *c* und *d*); und dass die untern Zellen sich auch

durch senkrechte radiale Wände vermehrten. Das letztere wird daraus deutlich, dass zwischen den zwei durchschnittenen untern Zellen (*d-d*) mehrere senkrechte Linien sichtbar sind, welche von der hintern Wandung herrühren. Wenn die Beobachtung richtig ist, so ist der Keimwulst in diesem Zustande ein kegelförmiger, hohler, oben geöffneter Körper, dessen Wandung aus zwei kreisförmigen, übereinander stehenden Reihen von Zellen besteht; die obere Reihe enthält vier, die untere dagegen mehr Zellen. Auch in diesem Zustande wird derselbe zur Hälfte oder zu zwei Dritttheilen von der äussern Haut des Embryosackes überzogen (Fig. 16, *a*). Die innere Haut des Embryosackes, und somit seine Höhlung ragt in den Wulst hinein, und zwar ungefähr so weit, als die untern Zellen desselben reichen.

In spätern Zuständen erscheint der Keimwulst als ein ringförmiger Wulst aus parenchymatischem Zellgewebe, welcher die blasenförmige Ausstülpung des Embryosackes umgiebt, und welcher sich am Scheitel durch einen vorragenden papillenförmigen Hals öffnet (Fig. 17). Wie mir scheint, hat sich der ringförmige Wulst (Fig. 17, *d*) durch Zellenbildung aus dem untern Zellenring des frühern Zustandes (Fig. 16, *d*) entwickelt. Die papillenförmige Mündung (Fig. 17, *c*) besteht, wenn ich nicht irre, constant aus vier untern und vier obern Zellen, und ist aus den vier Zellen des obern Ringes (Fig. 16, *c*) einfach durch Theilung derselben mittelst einer horizontalen Wand entstanden. Die blasenförmige Erweiterung des Embryosackes (Fig. 17, *e*) scheint mir bald bis an die papillenförmige Mündung des Wulstes, bald aber nicht ganz so hoch zu reichen.

Zuletzt, wenn die Embryokugel gebildet ist, hat der Keimwulst eine sackförmige Gestalt angenommen (Fig. 18). Die Wandung desselben besteht gewöhnlich bloss noch aus einer einfachen Zellschicht (*d*). Zu beiden Seiten zeigt der Durchschnitt zuweilen noch zwei oder drei Zellschichten. Am Scheitel des Sackes ist die papillenförmige Oeffnung noch vorhanden (*c*). Sie besteht noch aus zweimal vier Zellen, und ist theils durch die Grösse und Gestalt theils durch die Farbe der Zellen leicht kenntlich,

indem dieselben gewöhnlich braun geworden sind. Die Embryokugel (*f*) ist grün; sie ruht auf dem Scheitel der Embryosackzelle.

Diese vier Zustände, welche, abgesehen von einigen unwesentlichen Modificationen, wiederholt sich als dieselben zeigten, scheinen auf die Annahme zu führen, dass an der Spitze des Embryosackes sich ein hohler Keimwulst bilde, in welchen jener mit einer blasenförmigen Verlängerung hineinragt, und dass in dieser Verlängerung der Embryo erzeugt werde.

Ausser den vier beschriebenen Zuständen findet man nun aber noch häufig solche, welche ich nicht recht in Harmonie damit bringen kann. Auf senkrechten Durchschnitten zeigt sich unter der papillenförmigen Mündung mitten in dem parenchymatischen Wulste ein besonderer, meist ziemlich viereckiger Körper, welcher, wie es scheint, aus kleinern Zellen (als die Zellen des Wulstes) besteht (Fig. 19). Dieser Körper ist meistens durch eine Schicht von Zellen von dem Embryosacke getrennt, seltener berührt er denselben unmittelbar. Einmal zeigte er sich mir zwar durch eine Zellschicht von dem Embryosacke geschieden, aber wie durch einen Canal mit demselben verbunden.

Ich muss hiezu bemerken, dass ich diesen Körper nie anders als *braun-gefärbt* und hart fand. Zugleich waren immer auch die Zellen der papillenförmigen Mündung braun. Die gleiche Färbung zeigte sich zuweilen an einzelnen Partien des, sonst grünen, Wulstes. Das sich braun Färben und das Hartwerden der Zellen ist aber sonst, namentlich bei Rhizocarpeen und Farren, ein Beweis dafür, dass die Zellen abgestorben sind. Es waren daher auch hier, ohne allen Zweifel, die zuletzt beschriebenen keine lebendigen, einer weitem Entwicklung fähigen Zustände.

Es würde sich nun aber fragen, ob diesen Zuständen ein besonderes, von den früher erwähnten verschiedenes Entwicklungsstadium entspricht, und ob es somit bloss zufällig war, dass ich dasselbe nur abgestorben und nicht im lebendigen, fortbildungsfähigen Zustande beobachtete, — oder ob sie durch einen krankhaften Process aus einem der früher erwähnten Entwicklungsstadien hervorgegangen sind?

Im erstern Falle wäre anzunehmen, dass unter der papillenförmigen Mündung und über dem Scheitel des Embryosackes, von dem letztern meist durch eine Zellschicht getrennt, im unveränderten Zustande ein besonderer Körper von farblos-schleimigem oder grünlichem Zellgewebe in dem Keimwulste liege. Derselbe wäre dann, ohne Zweifel, der Embryo, welcher später unmittelbar auf dem Embryosack ruht.

Im zweiten Falle wäre anzunehmen, dass ein Theil des parenchymatischen Keimwulstes, durch Absterben der Zellen, in einen harten braunen Körper sich verwandle. Ich bin geneigt, das letztere anzunehmen. Denn das Braunwerden trifft zuerst die papillenförmige Mündung. Dann findet man unter ihr den erwähnten stumpf-viereckigen oder eiförmigen braunen Körper. Darauf färben sich auch andere Partien des Zellgewebes. Zuletzt ist der ganze Wulst braun und hart. — Man findet solche krankhafte Zustände immer in grösserer oder geringerer Menge unter den gesunden, in der Entwicklung begriffenen Individuen. Es muss noch bemerkt werden, dass auch die frühern Stadien zuweilen abgestorben, mit braunen harten Zellen auftreten.

Ueber die Entstehungsweise des Keimwulstes an der Spitze des Embryosackes bemerkt *Mettenius* nichts. Er hält es bloss für gewiss, dass seine Entwicklung auf dem obersten Theile des Embryosackes beginne und von da nach abwärts schreite. Diese Bemerkung führt aber, wie ich glaube, zu einer unrichtigen Vorstellung von der Sache, indem das Wachsthum nicht von einem Punkte ausgeht und nach einem entgegengesetzten sich hinbewegt, sondern offenbar *allseitig* ist, so dass nämlich alle Zellen (mit Ausnahme der papillenförmigen Mündung, welche dadurch emporgehoben wird) sich theilen, bis der Wulst ausgewachsen ist.

*Schleiden*¹⁾ sagt, dass die äussere Haut des Embryosackes „an einem Ende eine Warze (Eikern, nucleus) bilde, die zuweilen noch von Lappen dieser Haut (einfache Eihaut, integumentum simplex) bedeckt werde; — dass dann die Zellen des Eikerns

1) L. c. pag. 97.

nahe der Spitze des Embryosackes sich entwickeln, deutlich unterscheidbar und locker werden, sich mit Chlorophyll u. s. w. füllen, und den Eikern durchbrechen, so dass sie frei hervorragten (Kernwarze, mamilla nucleii).“ Diese Darstellung scheint mir unrichtig, einmal weil ich, mit *Meltenius*, glaube, dass die äussere Haut des Embryosackes eine formlose Membran, und somit zur Zellenbildung unfähig sei; ferner weil, wie es ja auch *Schleiden* selbst darstellt, die sogenannte Kernwarze von der unveränderten, aber durch die Ausdehnung zerrissenen äusseren Haut bedeckt ist.

Soll ich eine Vermuthung über die Entstehung des Keimwulstes an der Spitze des Embryosackes wagen, so ist es die, dass derselbe aus jenen drei Zellen hervorgegangen sei, welche mit dem Embryosack, wie wir oben gesehen, in einer Mutterzelle entstanden sind, und welche dann an der Peripherie der sich ausdehnenden Embryosackzelle als ein kleines Wärzchen sitzen blieben. Zu Gunsten dieser Vermuthung spricht der Umstand, dass der Keimwulst bei *Salvinia* eine dreieckige Gestalt hat; zu ihren Ungunsten dagegen, dass die papillenförmige Mündung gewöhnlich aus zweimal vier Zellen besteht. Es müsste also angenommen werden, dass eine der drei Zellen sich gleich anfangs durch eine senkrechte Wand theilte, während diess die beiden übrigen Zellen nicht thun; — eine Ungleichheit im Verhalten der drei Zellen, wie sie für gleichwerthige Zellen zwar nicht häufig ist, wofür aber z. B. einige Arten von *Ceramium* ein ganz constantes Beispiel liefern.

*Schleiden*¹⁾ beschreibt dann die Befruchtung folgendermassen: „Kommt nun ein Pollenschlauch in Berührung mit diesen Zellen (der Kernwarze), so drängt er sich zwischen dieselben tief hinein bis an eine Schicht kleiner grüner Zellen, die den Embryosack unmittelbar bedeckt, und dehnt sich dann blasenförmig aus, indem er das ihn umgebende Zellgewebe verdrängt, welches aber fortfährt, sich zu entwickeln..... Im blasenförmigen Ende des Pollenschlauches entwickelt sich Zellgewebe, welches sich zum Embryo anordnend, zuletzt mit dem einen Ende die Kernwarze des

¹⁾ L. c. pag. 98.

Eichens, die jetzt ein dünnwandiges Säckchen darstellt, durchbricht“

Schleiden sagt ferner¹⁾: „Bei *Pilularia* ist es mir häufig gelungen, die Pollenkörner mit ihrem im Eichen schon blasenförmig angeschwollenen Schlauchende vollständig und unverletzt herauszupräpariren. Auch ist hier die Verfolgung der ganzen Entwicklungsgeschichte durchaus nicht sehr schwer. Gewöhnlich drängen sich hier drei bis vier Pollenschläuche in ein Eichen, von denen aber nur einer tief eindringt und zum Embryo wird; wegen der geringen Länge des Schlauches sitzen die Pollenkörner selbst ganz nahe am Eichen, nach und nach verlieren sie ihre äussere Pollenhaut, und erscheinen dann wie drei oder vier birnförmige Bläschen, die aus dem Eichen hervorgewachsen sind, wie *Müller* die Sache auch wirklich angesehen hat.“ Ferner: „Der eingedrungene, blasig aufgetriebene Pollenschlauch bildet noch für längere Zeit einen zarten Ueberzug des sich bildenden Embryos, welcher selbst sehr spät noch an dem Punkte, wo der Pollenschlauch eingedrungen, und der sich immer daran erkennen lässt, dass die drei bis fünf benachbarten Zellen bräunlich, wie abgestorben, erscheinen, befestigt bleibt.“

Diese Angaben sind so bestimmt und genau, dass nur einige sehr gewichtige Gründe mich veranlassen konnten, Zweifel über die Richtigkeit des beschriebenen Vorganges zu hegen.

Der erste Einwurf, den ich machen muss, ist der, dass ich, obgleich mir bei mehreren Hunderten von Embryosäcken (oder sogenannten grossen Sporen) keimten, nicht ein einziges Mal in irgend einem Entwicklungsstadium ein Pollenkorn an dem Keimwulste des Embryosackes festsitzen sah. Alle Pollenkörner lagen frei neben den Embryosäcken; ein grosser Theil derselben war in einen kurzen Pollenschlauch ausgewachsen. An und für sich ist diess nun zwar kein vollgültiger Beweis; denn wenn schon Einer etwas ein- oder dreimal nicht sieht, so wird dadurch nicht entschieden, dass es nicht existire. Auffallend wäre es aber jeden-

¹⁾ L. c. pag. 100.

falls, dass, wenn der Pollenschlauch wie bei den Phanerogamen hineinwüchse, es mir nie möglich sein sollte, unter so vielen Entwicklungsstadien einmal das dazu nothwendige Pollenkorn zu sehen. Dieser Zweifel erhält aber noch mehr Bedeutung durch die folgenden Einwürfe.

Der zweite Einwurf ist der, dass, wie ich vermuthe, die von *Schleiden* an der Keimwarze festsitzenden, für Pollenkörner gehaltenen Zellen keine Pollenkörner, sondern die vier obern Zellen der papillenförmigen Mündung sind. Wenigstens passt die Beschreibung *Schleiden's* ziemlich gut auf diese Zellen, indem er sagt, dass sie in der Zahl von drei bis vier auftreten, eine birnförmige Gestalt besitzen, und nach und nach die äussere Pollenhaut verlieren. Ich zweifle also kaum, dass die vier Zellen, welche von *Schleiden* als Pollenkörner, und von mir als die obern Zellen der papillenförmigen Mündung betrachtet wurden, die gleichen seien; *Schleiden* müsste sonst nothwendig der letztern Erwähnung thun. Dass aber meine Ansicht über die Natur dieser Zellen die richtige ist, beweist die Entstehungsweise derselben, die Art, wie sie mit den unter ihnen liegenden Zellen verbunden sind, die Gestalt, welche nicht mit der Gestalt der Pollenkörner übereinstimmt, und die Membran, welche ziemlich stark, anfangs farblos, nachher braun ist, und in keinem Stadium, weder mit der innern farblosen, zarten, noch mit der äussern braunen, derben Pollenhaut übereinstimmt. — *Schleiden* sagt, dass die Pollenkörner nach und nach ihre äussere Haut verlieren. Ich dagegen habe nie die innere Membran derselben frei werden gesehen.

Eine indirecte Bestätigung meiner Ansicht, dass *Schleiden* die obern Zellen der papillenförmigen Mündung für Pollenkörner angesehen hat, finde ich durch *Mettenius*, welcher diese Zellen charakteristisch genug zeichnet, um sie zu erkennen, und welcher sie „Pollenkörner“ nennt. Eine Verwechslung ist hier aber, wenn man die Verbindung dieser Zellen mit den unterliegenden Zellen und ihren ganzen Bau nicht genau betrachtet, um so leichter, da sie anfangs zwar farblos, später aber bald braungefärbt erscheinen (wie die Pollenkörner), — zumal wenn man hier Pollenkörner aufsucht.

Der dritte und wesentlichste Einwurf gegen die Darstellung *Schleiden's* liegt in dem Verhalten der wirklichen Pollenkörner selbst, und in Erscheinungen, welche ich bei *Pilularia constant* mit dem Auftreten der Pollenschläuche verbunden fand. Ich beobachtete Folgendes:

Wenn die Kapseln von *Pilularia* einige Zeit im Wasser oder in ganz feuchter Luft (auf einem benetzten Teller unter einer Glasglocke) gelegen haben, so springen sie auf, und es wird eine dünne Gallerte herausgetrieben. In derselben liegen Embryosäcke und Pollenkörner, theils frei, theils noch eingeschlossen in den Eissäcken und Antherensäcken. Die Gallerte wird durch Wasseraufnahme verdünnter. Die Embryosäcke fangen nacheinander an, ihren Keimwulst und nachher den Embryo zu bilden. Ebenso beginnen die Pollenkörner nacheinander, einen kurzen Pollenschlauch zu treiben. Die innere Membran durchbricht die äussere Pollenhaut (Fig. 20, *a*), und bildet einen Schlauch, welcher wenig schmaler und kaum je so lang ist, als das Korn selbst (Fig. 20, *b*). Der Inhalt des Pollenschlauches besteht besonders aus Amylumkörnern, welche sich durch Jod blau oder violett färben.

Wie ich schon oben bemerkte, ich sah die Pollenkörner immer frei, nie an dem Keimwulst des Embryosackes festsetzend. Der Pollenschlauch bleibt kurz, und überschreitet nie eine gewisse Länge. Im Anfange ist er voll und cylindrisch. Später erscheint er etwas zusammengefallen, und hat ganz das Ansehen einer Zelle, welche geplatzt ist, und einen Theil ihres Inhaltes verloren hat. Es liegen auch Amylumkörner in der Nähe herum, ganz von der Grösse der noch im Pollenkorn eingeschlossenen. Das Platzen der Pollenkörner selbst sah ich nicht; ich schliesse aber darauf aus den angegebenen Erscheinungen.

Neben den geplatzen Pollenkörnern fand ich kleine, zarte, farblose Zellchen liegen, von denen ich glaube, dass sie mit den wenigen freien Amylumkörnchen aus dem Pollenschlauche entleert wurden. Diese Zellchen beobachtete ich in folgenden Zuständen:

Sie sind zuerst ziemlich kugelig, und besitzen einen Durchmesser von $0,004''''$ — $0,005''''$. Sie sind mit homogenem oder mit

körnigem Schleime oder mit kleinen Amylumkörnchen gefüllt, mit Ausnahme eines leeren kugeligen Raumes, welcher wegen seiner Constanz und seiner scharfen Begrenzung ohne Zweifel ein Bläschen darstellt, nämlich einen Kern, wenn das ganze eine Zelle, oder ein Kernchen, wenn das ganze ein Kern ist (Fig. 21). — Die Amylumkörnchen werden durch Jod blau oder blau-violett gefärbt. Sie sind zwei- bis dreimal kleiner als die Körner des Pollenschlauches.

Diese Zellchen werden später eiförmig oder eiförmig-länglich. Sie zeigen eine Länge von 0,006''' bis 0,007''' und selten bis 0,008''', auf eine Breite von 0,004''' bis 0,005'''. Der bläschenförmige Raum ist grösser geworden. Er befindet sich nun constant in dem schmälern Ende des Zellchens (Fig. 22).

Bald darauf sieht man in dem bläschenförmigen Raume einen zarten Spiralfaden. Er nimmt die Peripherie jenes Raumes ein, und dreht sich im Kreise. Diese Drehung scheint zuweilen so stattzufinden, dass ihre Achse die Längsachse des ganzen Zellchens unter einem rechten Winkel schneidet (Fig. 23). In diesem Falle ist der Raum, um den er sich dreht, leer. — Gewöhnlich aber geschieht die Drehung in der Richtung, dass ihre Achse (und somit die Achse des Spiralfadens) mit der Achse des ganzen Zellchens zusammenfällt (Fig. 24). In diesem Falle ist der von dem Faden umschlossene Raum zuweilen auch leer, häufig aber liegen darin einzelne Stärkekörnchen, wie in dem übrigen Zellchen. — Zuweilen bildet sich der Spiralfaden schon, wenn das Zellchen erst körnigen Schleim enthält (Fig. 24, a). Meistens jedoch findet man die Spiralfäden in solchen Zellchen, welche ausser Schleim mehr oder weniger kleine Amylumkügelchen enthalten (Fig. 24, b, c).

Der Spiralfaden liegt immer in dem schmälern Ende des Zellchens. Er beschreibt daselbst $1\frac{1}{2}$ bis 2 deutliche Windungen, welche an der Wandung liegen. Er dreht sich durchschnittlich einmal in einer Secunde, bei rascher Bewegung zweimal. Auf die Zellchen hat die Drehung des Spiralfadens einen grössern oder geringern Einfluss. Entweder dreht sich das Zellchen so schnell als der Faden, so dass auf einen Umlauf des letztern eine Drehung des erstern kommt. Oder das Zellchen dreht sich langsamer als

der Faden, so dass z. B. auf zwei bis vier Umläufe des letztern bloss eine vollständige Drehung des erstern erfolgt. Oder endlich das Zellchen ist unbeweglich. Es ist offenbar, dass im ersten Falle der Faden, durch Adhärenz an die Wandung des Zellchens, dasselbe mit sich in gleicher Schnelligkeit fortreisst, und dass im dritten Falle der Faden frei und lose liegt, so dass er sich bewegen kann, ohne einen Einfluss auf das Zellchen auszuüben. Im zweiten Falle ist der Spiralfaden zwar frei, aber er wirkt durch Reibung auf das Zellchen, so dass er dasselbe theilweise zur Mitbewegung veranlasst. Die Erscheinung, wo der Faden sich schneller dreht, als das Zellchen, verglichen mit den beiden übrigen Erscheinungen, erinnert an das Rad eines Wagens, welches auf dem Eise halb glitscht, halb sich dreht, während ein auf blosser Erde laufendes sich schnell und gleichmässig dreht. — Mit der Drehung der Zellchen ist auch ein Fortrücken derselben verbunden, wie bei den Samenzellchen der Moose und Farren.

Wenn das Zellchen vertical steht, und die Bewegungsachse also ebenfalls vertical ist, so erkennt man zuweilen zwei concentrische Ringe, einen innern etwas stärkern und einen äussern dünnern und zarteren (Fig. 25). Zuweilen sieht man auch die Verbindung zwischen beiden, und dass sie somit einem einzigen Faden angehören (*b*). Beide Ringe drehen sich gleich schnell und in gleicher Richtung. Der innere ändert seine Gestalt nicht, er bleibt vollkommen kreisförmig und eben. Der äussere ändert seine Gestalt, während er sich dreht, indem der Abstand seiner einzelnen Punkte von dem innern Kreise bald grösser und bald kleiner ist. Ausserdem zeigt der äussere Kreis ein beständiges Unduliren, ähnlich der Bewegung eines Kamrades, welches fortwährend nach Einer Richtung (in der die Drehung stattfindet) sich fortzupflanzen scheint. An ruhenden Zellchen ist auch der äussere Kreis starr und gleichförmig. — In andern Fällen sehe ich bei senkrechter Stellung des Zellchens nur Einen an der Peripherie liegenden Kreis.

An einigen Zellchen ragt das eine (dünnere) Ende des Spiralfadens heraus (Fig. 24, *d*). Derselbe wird dann ganz frei, und

bewegt sich nun im Wasser (Fig. 26). Er hat die Gestalt einer Uhrfeder, indem die Windungen eng aneinander liegen (Fig. 26, *a, b*) oder eines Schraubenziehers, indem die Windungen mehr oder weniger auseinander gezogen sind (Fig. 26, *d, e*). Die Spiralfäden ändern nicht selten ihre Gestalt, indem die Windungen enger oder weiter werden. Namentlich aber tritt, unmittelbar ehe die Drehung aufhört, eine Veränderung ihrer Form ein, so dass sie sich unregelmässig zusammenkrümmen (Fig. 26, *g, h, i*). In Fig. 26, *e* ist ein sich bewegender schraubenförmiger Faden abgebildet, welcher plötzlich die Gestalt annahm, wie sie Fig. 26, *f* zeigt, und damit bewegungslos wurde.

Die Bewegung der frei gewordenen Fäden besteht theils in einer Drehung um die Achse, theils in einem raschen Fortrücken. Sie ist der Bewegung der Samenfäden von Moosen, Characeen und Farren ähnlich.

Sind die beschriebenen Zellchen eine constante Erscheinung beim Keimen der Rhizocarpeen? Woher kommen sie; treten sie aus dem Pollenschlauche heraus, werden sie in einem andern Organ der Kapsel erzeugt, oder entstehen sie in der Gallerte? Welche Bedeutung haben diese Zellchen und diese Fäden; haben die Zellchen Analogie mit den Samenbläschen, die Spiralfäden mit den Samenfäden, oder sind die Zellchen Infusorien und die Fäden Wimpern? Es sind dieses Fragen, welche ich nicht ganz entscheiden, für die ich aber die Gründe und Gegengründe kurz berühren will.

Was zuerst die *Constanz* der fraglichen Zellen betrifft, so kann ich darüber bloss aus drei Beobachtungen urtheilen. Kapseln von *Pilularia*, die ich von Berlin, von Carlsruhe und aus dem botanischen Garten von Zürich erhielt, zeigten ganz das gleiche Verhalten. In der Gallerte, von welcher die Pollenkörner und Embryosäcke umhüllt waren, fanden sich, wenn das Keimen erfolgte, diese Zellchen jedesmal.

In Bezug auf die Frage, wo dieselben *entstehen*, so sprechen die Erscheinungen, unter denen sie auftreten, dafür, dass sie aus dem Pollenschlauche entleert werden; obgleich ich sie darin nicht

gesehen habe, was wegen des dichten, mit vielen Stärkekörnchen gemischten Schleiminhaltes des Pollenschlauches und der Zartheit der jungen Zellchen wohl begreiflich wäre. Dass die Zellchen in irgend einem andern Organ der Kapsel entstanden seien, ist mir unwahrscheinlich, denn ich finde sie nicht in derselben; ich finde sie auch noch nicht in der Gallerte, welche mit Eichen und Antheren, mit Embryosäcken und Pollenkörnern aus der Kapsel eben herausgetreten ist, sondern erst, wenn die Pollenkörner anfangen, Schläuche zu bilden. Dass sie aus dem Embryosack kommen, ist ebensowenig zu vermuthen, da derselbe immer unverletzt bleibt, und da in seinem durch Quetschen herausgedrückten Inhalt nichts davon sichtbar ist. Dass sie endlich in der Gallerte selbst sich gebildet haben, ist mir auch nicht wahrscheinlich; dann könnten es bloss durch *Generatio spontanea* entstandene Pflanzen (Pilze) oder Thiere (Infusorien) sein, wogegen aber das Verhalten der Zellchen selbst spricht.

Rücksichtlich der *Bedeutung*, welche die Zellchen und die beweglichen Fäden besitzen, so sind nur zwei Ansichten einigermaßen wahrscheinlich, entweder dass die Zellchen Organe, welche einen Samenfaden einschliessen, oder dass es Infusorien seien.

Für die Ansicht, dass es Organe seien, welche einen *Samenfaden* enthalten, spricht die Analogie mit den Samenbläschen der Moose, Characeen und Farren, wo ebenfalls in einem Bläschen ein freier, nachher heraustretender, sich bewegender Spiralfaden erzeugt wird. Wenn diese Vergleichung richtig ist, so müsste noch entschieden werden, ob das ganze Zellchen einer Zelle und der bläschenförmige Raum, in welchem der Spiralfaden entsteht, dem Kernbläschen analog sei, — oder ob das Zellchen einem Kernbläschen und der bläschenförmige Raum einem Kernchen analog sei. Das letztere wäre mir wahrscheinlicher.

Wenn wir aber auch in dem allgemeinen Verhalten zwischen den fraglichen Organen und den Samenbläschen einige Analogie finden, so finden wir dagegen im Einzelnen sehr beträchtliche Verschiedenheiten, welche hinwieder Zweifel über die Richtigkeit der Analogie erregen. Der bewegliche Spiralfaden ist von den übrigen

vegetabilischen Samenfäden verschieden, indem er eine viel weniger starre und weniger unveränderliche Form besitzt; denn er zeigt häufig undulirende (kammradähnliche) Bewegung, wie diess sonst an thierischen Samenfäden (so an den Samenfäden der Räderthiere) vorkommt, und er verändert zuweilen während der Bewegung und besonders, wenn dieselbe aufhört, seine Gestalt. Das Samenbläschen ist von den übrigen vegetabilischen Samenbläschen ebenfalls verschieden, indem es, je nach der Deutung, entweder in einer freien Zelle eingeschlossen ist, oder den Samenfaden erst wieder in einem besondern Bläschen erzeugt; — ferner wäre auch der Ort, wo die Samenbläschen sich bilden, nämlich in den Pollenschläuchen oder Pollenkörnern, neu und ohne Beispiel.

Für die Annahme, dass die in Frage stehenden Zellchen *Infusorien* seien, spricht eine Aehnlichkeit der äussern Erscheinung, und besonders die Schwierigkeit, ihnen eine andere genügende Erklärung zu finden. Gegen diese Annahme streiten aber besonders zwei Gründe, nämlich dass sie Amylum, und dass sie einen freien Spiralfaden enthalten. Wären es Infusorien, so müssten sie das Amylum gefressen haben. Es liegen nun zwar einzelne, aus den Pollenkörnern herausgetretene Stärkekörnchen herum, aber diese sind zwei- bis dreimal grösser als diejenigen, welche die Zellchen enthalten; ferner sieht man die Amylumkügelchen zuweilen schon in den Zellchen, ehe sie sich vollkommen entwickelt haben, und ehe sie sich bewegen. Ebensowenig mit der Infusoriennatur vereinbar scheint der Spiralfaden zu sein, welcher sich zuerst im Innern des Zellchens frei um seine Achse dreht, und nachher dasselbe verlässt, um sich im Wasser herumzubewegen.

Ich schliesse, womit ich diese Mittheilungen angefangen, mit einer dringenden Aufforderung an diejenigen Botaniker, welche sich mit Leichtigkeit Rhizocarpeen verschaffen können, sie möchten die Untersuchungen theils an *Pilularia*, theils aber namentlich an *Salvinia*, *Marsilea* und *Isoëtes* mit Rücksicht auf die angeregten Fragen wiederholen, und durch die Entscheidung derselben nicht bloss für die Rhizocarpeen, sondern möglicher Weise auch für die

Phanerogamen das so wichtige Problem der Fortpflanzung um einen Schritt seiner Lösung näher bringen.

Erklärung von Tab. IV. Fig. 15--26.

Pitularia globulifera L.

15. Oberes Ende des Embryosackes. *m* Zellmembran desselben. *a* äussere Haut. *b* ganz junger Keimwulst, aus vier Zellen bestehend.

16. Wie Fig. 1. — *c* oberer Ring des jungen Keimwulstes, aus vier Zellen bestehend. *d* unterer Ring desselben, aus mehreren Zellen gebildet.

17. Wie Fig. 1. — *d* Keimwulst. *c* papillenförmige Mündung. *e* blasenförmige Verlängerung des Embryosackes.

18. Wie Fig. 1. — *d* Keimwulst, der nun auf eine einfache Zellschicht reducirt ist. *c* papillenförmige Mündung. *f* Embryo.

19. Wie Fig. 1. — *d* Keimwulst. *c* papillenförmige Mündung. *g* brauner, harter, aus Parenchym bestehender Körper.

20. Pollenkörner, welche einen Schlauch bilden. *a* mit einem jungen, *b* mit einem ausgewachsenen Pollenschlauch.

21. Kugelige oder kurz-ellipsoïdische Zellchen, mit einem kugeligen, bläschenförmigen, hohlen Raum. *a* enthält körnigen, farblosen Schleim; *b* Schleim und Amylumkügelchen. D. M. = 0,004''' bis 0,005'''.

22. Ellipsoïdische oder längliche Zellchen; der bläschenförmige Raum befindet sich im schmälern Ende. *a* mit körnigem, farblosem Schleim; *b* mit Schleim und Amylumkügelchen. Langer Durchmesser = 0,006'''—0,007'''; breiter D. M. = 0,004'''—0,005'''.

23. Zellchen mit farblosem Schleim, und einem sich drehenden Spiralfaden, dessen Drehungsachse zur Längsachse des Zellchens senkrecht steht.

24. Zellchen mit farblosem Schleim (*a*), oder mit Amylumkugelchen und mehr oder weniger Schleim (*b-d*), und mit einem sich drehenden Spiralfaden, dessen Achse mit der Längsachse des Zellchens zusammenfällt, und der in *d* zum Theil das Zellchen verlassen hat. Langer D. M. der Zellchen = 0,007''' — 0,008'''; breiter D. M. = 0,004''' — 0,005'''.

25. Zellchen, welche senkrecht stehen, mit einem innern Ring (D. M. = 0,003''') und einem äussern Ring (D. M. = 0,005''' — 0,006'''). *a* und *b* drehen sich auf derselben Stelle um ihre Achse; *c* ist in Ruhe.

26. Freie Spiralfäden; *a-e* in Bewegung; *f-h* in Ruhe.

