

Ueber die Entwicklung der Farnsporen.

Von

Dr. Alexander Fischer von Waldheim.

Hierzu Tafel XXIV bis XXVII.

H i s t o r i s c h e s.

Wenn unsere Blicke sich nach dem Alterthume richten, so finden wir über diese rein physiologische Frage selbstverständlich gar nichts. Wir wollen es aber doch hier nicht unerwähnt lassen, dass schon Theophrastus Eresius die Sporangienhaufen der Farnwedel kannte, jedoch keine weitere Bedeutung ihnen beilegte. Erst nach mehr denn anderthalb tausend Jahren werden die Sori als Blumen, die Sporangien als Samen bezeichnet. Von Federico Cesi¹⁾ an, der zuerst die Sporen selbst mit Hülfe eines Vergrößerungsglases gesehen, geht die Bezeichnung als Samen grossentheils auf letztere über. Rob. Hooke beobachtete am allerersten (nach 1660) die Sporen mit einem Compositum. Er ist es auch, der sich am frühesten über Bildung derselben in „besonderen Samenbehältern“ (d. i. Sporangien) und über ihre Anzahl ausspricht²⁾. Im achtzehnten Jahrhundert beobachtet Baldinger die Reifezeit der Sporen³⁾ und Költreuter den anfänglich gleichförmigen Inhalt des Sporangium, der sich später verdunkelt und in körnige Klumpen theilt⁴⁾. Gmelin spricht über das unebene und rauhe Aussehen der äusseren Sporen-

1) Vergl. E. G. Baldinger, Dissert. de Filicum Seminum. Jenae 1770, p. 19.

2) Micrographia restaurata. Lond. 1745, p. 11.

3) l. c.

4) J. G. Koelreuter, das entdeckte Geheimniss der Cryptogamie. Carlsr. 1777,

haut¹⁾. Doch erst in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts begegnen uns gelungenere Beobachtungen: Treviranus beschreibt, obgleich sehr undeutlich, die Sporenmutterzellen²⁾. Auch hier ist es wieder H. v. Mohl, dem wir die erste deutliche Hinweisung, vor 32 Jahren, auf die Existenz von Mutterzellen und Bildung der Sporen in ihnen zu 4 verdanken³⁾. Mohl theilt auch Umständlicheres über die Sporenhäute mit, obgleich seine damalige Ansicht, sowie diejenige von Bischoff⁴⁾, über den Bau der Exine und ihrer Erhabenheiten — als aus Zellen bestehend, durch spätere Beobachtungen völlig widerlegt wurde. Mohl's Angaben über das Entstehen der Sporen zu 4 in Mutterzellen und die Abhängigkeit ihrer Form von den Theilungsrichtungen und dem gegenseitigen Druck bestätigte etwas später Meyen⁵⁾. Zugleich suchte letzterer die Erhebungen der Exine durch eine Ablagerung von aussen zu erklären. Abgerechnet die Erwähnung eines Zellkernes der Sporen durch C. Nägeli⁶⁾, findet sich bis 1849 über unseren Gegenstand keine bemerkenswerthe Beobachtung. In diesem Jahre bereichert H. Schacht die Wissenschaft mit einer ganz speciellen Arbeit, die bis zur gegenwärtigen Zeit noch den meisten Werth beanspruchen konnte⁷⁾. Es gebührt Schacht auch hier manches grosse Verdienst. Die Entstehung einer ersten oder sogenannten Centralzelle im Sporangium und in ihr der Kerne; die Bildung der Sporenmutterzellen und Beobachtung letzterer ausserhalb des Sporangium; die Theilung ihres Kernes wiederholt in zwei zur Bildung der Sporen; die Wirkung von Aetzkali, Schwefelsäure und Jod auf einige Zustände des Sporangium, — dies ist es hauptsächlich, was Schacht's Beobachtungen zuerst berühren. Die beigegebenen Abbildungen tragen nicht wenig zum Werthe dieser Arbeit bei. Eine genauere Kritik zeigt jedoch auch in derselben, zum Bedauern, eine noch immer zu lückenhafte Darlegung der Entwicklung der Sporen, manche Verwechselung unnormaler Zustände

1) K. Chr. Gmelin, *Consideratio generalis Filicium*, Dissert. Erlang. 1784, p. XIV seq.

2) Chr. Lud. u. Gottfr. R. Treviranus, *Vermischte Schriften*. Brem. 1821, V. IV.

3) Einige Bemerk. über die Entw. u. den Bau der Sporen der krypt. Gew. Regensb. 1833 (Flora) u. in: *Verm. Schriften*. Tübing. 1845, S. 69 f.

4) *Lehrb. d. allg. Botan.* Stuttg. 1834 — 39. V. II, S. 110.

5) *Neues Syst. der Pflanzenphysiologie*, V. III, S. 396 f.

6) Schleiden u. Nägeli, *Zeitschrift f. wiss. Botan.*, V. I, S. 58.

7) Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Sporang. etc. *Botan. Zeitung* 1849, S. 537 — 45 und 553 — 60.

mit normalen u. s. w.¹⁾). Mit dieser Arbeit schliessen alle bemerkenswerthen Beobachtungen über unseren Gegenstand und ich gehe somit zur Mittheilung meiner eigenen über²⁾), die ich ganz selbständig, ohne irgend etwas Fremdes ihnen beizumischen, wiedergebe.

Eigene Beobachtungen.

Das Sporangium ist anfangs nur eine vergrösserte Epidermiszelle³⁾. Es entsteht meistens auf der Unterfläche des Wedels⁴⁾ in der nächsten Nähe stark ausgebildeter Gefässbündel, — aus jener einfachen Zellschicht, welche die Epidermis bildet. An dieser Stelle, in der Nähe des Gefässbündels, sieht man die ganz kleine, noch unentwickelte Epidermiszelle sich nach aussen halbkugelig wölben, in die Länge ausdehnen, indem zugleich, nach kurzem Wachsthum, das vordere Ende merklich nach seinem Breitendurchmesser zunimmt. Die äussere Contour dieses Sporangium erscheint anfangs einfach, sehr

1) So z. B. sehe ich mich berechtigt, gemäss meinen Beobachtungen, die in Fig. 8, 33, 35 u. 36 (Bot. Zeit. v. 1849 Taf. VIII) angegebenen Bildungen, im Innern des Sporangium, als unnormale anzusehen; in Fig. 7 sehe ich nur Kerne und keine Zellen; die 11 Kerne aber in Fig. 6 sind gewiss nur durch schädlichen Einfluss entstandene kernartige Gebilde.

2) Ich bediente mich bei denselben zweier vorzüglichen Mikroskope neuester Construction von Ed. Hartnack in Paris und Karl Zeiss in Jena.

3) Dieses zeigten mir hauptsächlich Beobachtungen an *Polypodium sporodocarpum* Willd. Bei anderen Farn nahm ich weniger Rücksicht auf den Ursprung des Sporangium, da dieselben viel ungünstiger für die Beobachtung waren und dieses auch nicht meinem specielleren Zwecke entsprach. Doch so viel ich sehen konnte, drängte sich mir niemals die Ueberzeugung einer anderen Entstehung des Sporangium auf. Dass sich das Indusium ebenfalls aus Epidermiszellen bildet, beweist noch nichts dagegen, indem es an irgend einer Stelle, am häufigsten am Rande der Sori, aus einer Epidermiszelle entsteht und, durch wiederholte Theilung der letzteren wachsend, allmählich den Haufen überdeckt. Ich spreche mich auch entschieden gegen die falsche Meinung aus, dass die Sporangien sich unter dem Indusium bilden und bei ihrem Grösserwerden es allmählich heben. Meine Beobachtungen über den Ursprung des Sporangium aus einer Epidermiszelle stimmen auch vollständig mit denjenigen, die Schacht an *Asplenium Petrarcae*, *Scelopendrium officinarum* und *Pteris serrulata* anstellte (Bot. Zeitung von 1849 S. 557), überein.

4) Bekanntlich stehen die Sporangienhaufen bei manchen Farn auch längs des Blatt- randes, z. B. bei *Hymenophyllum* Sm. und *Trichomanes* L.; sogar ausnahmsweise auch auf der oberen Fläche des Wedels, wie bei *Polypodium anomalum*, welches nach W. Hooker nur eine abnorme Form eines anderen Farn, des *Polystichum vestitum*, darstellt.

bald aber doppelt (XXIV, 1)¹⁾. Schon in diesen jüngsten Zuständen ist der Inhalt des Sporangium körnig: die spärlich vorhandenen Körnchen unterscheiden sich als dunkle Körperchen, die grösseren mit einem hellen Punkte, und liegen unregelmässig zerstreut in einer geringen Quantität milchig-trüber Zellflüssigkeit. Von einem Zellkern ist hier noch nichts zu sehen, obgleich ich das Sporangium oft vollständig isolirt, namentlich bei *Polypodium sporodocarpum* Willd. und *Scolopendrium officinarum* Sw., betrachten konnte. Die Sporangien anderer Farn sind in diesen Zuständen noch kleiner, ihr Inhalt körniger und darum für die Beobachtung noch ungünstiger.

Verschiedene Reagentien, als Chlorzinkjodlösung, Alkohol, Kochsalzlösung u. dergl., bewirken in diesen ersten Stadien ein Zusammenziehen des Inhalts, indem derselbe sich von der Innenwand des Sporangium ablöst und zu mehreren Klumpen, von bräunlicher Farbe, zusammenschrumpft. Schon das Wasser übrigens, in welchem das Object betrachtet wird, bewirkt dieselbe Erscheinung, nur nicht augenblicklich, sondern erst nach mehreren Minuten.

Bald erfolgt eine Theilung dieser Epidermiszelle, durch eine Querscheidewand, in zwei, mehr oder weniger gleiche Hälften, die eine Differenzirung in eine obere oder Scheitelzelle²⁾ und eine untere, aus der sich später der Stiel des Sporangium hervorbildet, bewirkt (XXIV, 2, 3).

Nicht alle Farn gleichen sich in den folgenden Zuständen. Bei *Polyp. sporodocarpum*, welches für die Beobachtung ganz junger Sporangienzustände das günstigste mir bekannte Farnkraut ist, zeigt sich nach dem Auftreten jener Scheidewand eine Vermehrung der Körnchen im Inhalte, die an der Peripherie dichter angesammelt, auch hier und da zerstreut vorkommen (XXIV, 3 u. 4).

Unter denselben erscheinen einige hellglänzende, runde, scharf umschriebene Körperchen in sehr geringer Anzahl und gewöhnlich zu zwei gruppiert. Das grösste unter ihnen und am deutlichsten ausgeprägte sieht man ungefähr in der Mitte des Sporangium isolirt, umgeben von einem körnigen Hof, der sich ganz regelmässig rund vom durchsichtigeren, ihn umgebenden Inhalte des Sporangium abzeichnet (XXIV, 4). Das hellglänzende Körperchen hat ein sehr feinkörniges Ansehen. Ausser wenigen andern, 2, 4 dergleichen, aber kleineren Körperchen und denen der erwähnte Hof fehlt, findet man

1) Die römischen Ziffern bezeichnen überall die Nummer der Tafel, die arabischen die der Figur.

2) Unter Sporangium werden wir eigentlich nur diese Scheitelzelle verstehen.

im Sporangium, längs der Peripherie, einen feinkörnigen, wenig dichten Inhalt.

Bei Anwendung von Chlorzinkjodlösung färbte sich der Hof und der körnige Inhalt bräunlich-gelb, das Körperchen glänzte noch sichtbar, bis nach wenigen Minuten alles zu Klumpen zusammenschrumpfte.

Diesen frühen Zustand, wo gewiss der erste Kern der sich erst später bildenden Sporenmutterzellen entsteht, lassen andere Farn nicht so ausgezeichnet deutlich beobachten, indem schon sogleich nach dem Auftreten der erwähnten Querscheidewand das Sporangium sich mit einer feinkörnigen, das Licht stark brechenden Masse von gelblich-grünlicher Färbung, durch sehr frühzeitiges Erscheinen von Chlorophyll, anfüllt. Als Beispiele können *Aspidium* Sw., *Asplenium* L., *Pteris* L., *Adiantum* L. u. a. dienen. Dieser Zustand findet sich auch bei *Polypod. sporodoc.*, doch erst nachdem das Sporangium schon entwickelter ist, im Vergleiche z. B. mit *Aspidium Filix mas* Sw. (XXVI, 3), und ausserdem erscheint sein Inhalt farblos, selten mit einem gelblichen Anstrich. Auch *Scolopendrium officin.* erweist sich als viel ungünstiger, wegen der Kleinheit seiner jungen Sporangien.

Dieser alles verdeckende Inhalt hindert jedoch nicht die ersten Theilungserscheinungen, durch welche der Annulus und die Wandzellen des Sporangium entstehen, genauer kennen zu lernen¹⁾. Die Beobachtung dieser Erscheinungen bietet Folgendes.

Die zuerst auftretenden Theilungen (wodurch die ersten Annuluszellen entstehen) verlaufen als von der Basis des Sporangium (so wollen wir diejenige Stelle bezeichnen, wo sich die Scheitelzelle vom Stiele abgrenzt) nach oben divergirende, gerade, sehr feine, dunkle Linien. Eine jede von diesen zwei Linien bildet zur denkbaren Längsachse des Sporangium einen spitzen Winkel. Eine Querlinie, im oberen Theile des Sporangium, verbindet die Enden beider auseinander tretenden Längslinien und alle drei zusammen begrenzen gleichsam einen dreieckigen Raum (XXV, 2).

Diese Theilungen, durch welche der Annulus vorerst gebildet wird, treten auch noch anders auf und demgemäss ändern sich auch ihre Zahl, Richtung und Länge.

1) Bei der Beschreibung dieser Theilungserscheinungen haben wir das Sporangium in jener Lage vor uns, wo es im ausgebildeteren Zustande den Annulus am Rande vorzeigt, und zwar nur verschiedener Species aus der Familie der Polypodiaceen. Auch soll dadurch nicht der Vorgang der Theilung selbst erklärt, sondern bloss das, was die Beobachtung wahrnehmen liess, wiedergegeben werden.

Sind vier Theilungslinien vorhanden, der gewöhnlichste Fall, so dringen zwei von der Basis (wo sie gewöhnlich mit einander zusammenstossen oder sich sehr nahe stehen) nach oben, — die eine rechts, die andere links nach den Seiten des Sporangium, und ebenso ihnen entgegengesetzt, ungefähr von der Mitte des oberen Theils des Scheitels, zwei andere nach den Seitenwänden, wo sie mit den zwei ersteren sich vereinigen. Alle vier zusammen bilden dann einen Rhombus.

Kommt noch eine fünfte Theilung hinzu, so tritt sie im oberen Theil des Scheitels quer zwischen den hier zusammenstossenden und sich nach den Seitenwänden richtenden Theilungen auf. Demgemäss werden alle Theilungslinien kürzer und der Raum, den sie begrenzen, erscheint von fünfeckiger Gestalt (XXV, 1; XXVI, 4).

Sind es sechs Theilungen, die jedoch, wie auch die früheren, nicht simultan, sondern succedan auftreten, so stellen sie zusammen ein Sechseck vor, dessen Seiten nicht immer dieselbe Länge besitzen (XXV, 3; XXVI, 3).

Die erwähnten Theilungen reichen oft gleichsam nicht bis zur Sporangienwand; doch später sieht man deutlich, dass aus den zusammenstossenden Enden der Linien andere, mehr oder weniger radial, bis zu derselben vordringen, zugleich die Mutterzellen des Annulus scharf bezeichnend (XXVI, 5). Man kann sich sehr leicht die Theilungen, durch welche der Annulus gebildet wird, versinnlichen, wenn selbige an einer Kartoffelknolle oder an einem beliebigen andern sphäroidalen Körper veranschaulicht werden, indem hier jeder Theilungsstrich durch den Messerschnitt ersetzt, die abgeschnittenen Parteen, welche Theile des Annulus oder seine Mutterzellen darstellen, wegfallen und die Begrenzung des Innern zurückbleibt.

Gleichzeitig oder auch etwas später erfolgen Theilungen, im übrigen Theile der Sporangienwand, in verschiedener Richtung, durch welche die äusseren Wandzellen entstehen und die genauer auseinanderzusetzen für uns wenig Interesse hat. Ich erwähne darum nur kurz, dass dieselben gewöhnlich als dunkle, mehr oder weniger lange Linien auftreten, von der Basis in der Richtung nach oben schief verlaufend (XXVI, 1). Die Richtung, Länge, Zahl und Deutlichkeit dieser Theilungen ändern sich gar häufig. Es erscheinen oftmals statt jener schiefen anfangs nur gerade Linien, die von unten nach oben, der Längsachse des Sporangium parallel, verlaufen. Andere stehen zu diesen vertical. Die Theilungen wiederholen sich in den angegebenen Richtungen mehrmals, bis die gehörige Anzahl von Wandzellen, die jedoch sehr unconstant, gebildet ist.

Währenddem entstehen, in ziemlich gleicher Entfernung voneinander, auch einige Quertheilungen im Annulus. Gewöhnlich theilt sich erst jede Mutterzelle in zwei. Auf diese Weise bilden sich die ersten langen Zellen, die sich wiederholt der Quere nach theilen, abrunden und zuletzt diejenigen darstellen, die der ausgebildete Annulus aufweist. Gleichzeitig mit dem Wachsthum des ganzen Sporangium entwickeln sich auch diese Zellen weiter, indem sich ihre Wände abplatten, ausdehnen und verdicken, und zwar die stärksten Verdickungsschichten in der unteren, dem Innern des Sporangium angrenzenden Wand abgelagert werden, weniger stark die Seitenwände und am geringsten verdickt die äussere, freie Wand erscheint.

Der ausgebildete Annulus ist gleichsam dem Sporangium aufgesetzt (XXV, 7). Er besteht nur aus einer Reihe von Zellen. Eins seiner Enden reicht bis an den Stiel, das andere geht nur wenig über die Mitte des Sporangium hinweg. Es bleibt also ein Theil des letzteren an dieser Stelle vom Annulus entblösst, und gerade hier bilden sich in der Sporangienwand sehr schmale, der Quere nach lange und schwach verdickte Zellen. Sie entstehen wahrscheinlich dadurch, dass in einer der Mutterzellen des Annulus zahlreichere Quertheilungen auftreten und die neugebildeten Zellen eine von den übrigen verschiedene Weiterentwicklung eingehen, indem sie bedeutender in die Länge als in die Quere wachsen. Zur Zeit der Sporenreife bersten gewöhnlich eine oder mehrere dieser Zellen, vermuthlich durch den spannenden Einfluss des Annulus, bedingt durch das Trockenwerden und die bedeutendere Zusammenziehung der äusseren Zellwände des Annulus, welche viel hygroskopischer sind als die inneren.

Die Wandzellen des Sporangium werden ebenfalls, durch wiederholte Theilungen, zahlreicher. Mit dem Wachsthum des Sporangium nehmen sie eine mehr flache und polyedrische Gestalt an und verdicken ihre Wände. Die Wandzellen, sowie ihre Verdickungen und auch die Form des Sporangium an und für sich gestalten sich, je nach den Farn, sehr verschiedenartig, wodurch auch theilweise das mehr oder weniger deutliche Beobachten der Vorgänge im Innern des Sporangium bedingt wird. Um einige Beispiele zu geben, erwähne ich *Polypod. sporodoc.*, *aureum* L., *Scolopendr. officin.* mit wenig verdickten und *Adiantum*, *Cibotium* Kaulf. mit viel stärker verdickten Wandzellen.

Wenden wir uns zu dem Inhalte der Zellen des Annulus und der Wand des Sporangium, so zeigt es sich, dass in den frühesten Zuständen in denselben ein reichliches, wenig körniges Protoplasma mit

einer geringen Quantität sehr feinkörnigem Chlorophyll gemengt, vorhanden ist (XXVI, 5), und in einem etwas späteren Zustande in jeder Zelle deutliche, grosse, centrale Zellkerne mit Kernkörperchen erscheinen. Contrahirende Reagentien, als Alkohol, Kochsalzlösung u. s. w., wirken auf dieselben stark und schnell. Chlorzinkjodlösung färbt Inhalt und Kern bräunlich und bewirkt ein Zusammenschrumpfen derselben.

Während beim ferneren Wachsthum des Sporangium seine Zellen sich erweitern und verdicken, wird ihr Inhalt körniger und das Chlorophyll grobkörniger und intensiver gefärbt. Dieses Chlorophyll tritt bei manchen Farn so massenhaft und dicht auf, dass die Vorgänge im Innern dadurch völlig verdeckt werden, so z. B. bei *Osmunda regalis* L. Auf das reichlichere Auftreten des Chlorophylls hat auch die Jahreszeit einen wesentlichen Einfluss, indem bei einem und demselben Farn, z. B. bei *Aspidium Filix mas*, dessen Bildung verhältnissmässig viel geringer im Frühjahr, Anfangs Mai, als in späterer Zeit, Ende Mai oder im Juni, wo das Sonnenlicht seinen stärksten Einfluss auf die Chlorophyllerzeugung ausübt und diese Zeit darum ungünstiger für die Beobachtung ist.

Was die Wirkung verschiedener Reagentien auf die Zellen des Annulus und der Sporangienwand, in verschiedenen Entwicklungsstadien, anbelangt, so ist zu erwähnen, dass durch dieselben, unter anderem, auch die Theilungserscheinungen, gerade in sehr jungen Zuständen des Sporangium, viel deutlicher hervortreten.

Schon in jenem Stadium, wo der Annulus bloss durch feine Linien vor dem Beobachter sich differenzirt, bewirken, unter anderen, Chlorzinkjodlösung, Alkohol, Kochsalzlösung eine völlige Abgrenzung des Annulus vom Sporangium, und später, wo in ihm durch Quertheilung Zellen entstanden, ebenfalls der Wandzellen, auch letzterer von einander, indem der Zellinhalt sammt der Hautschicht sich zusammenzieht und selbst die äussere Zellmembran, bei stärkerer Einwirkung der Reagentien, sich von der Nachbarzelle ablöst und faltig wird. Chlorzinkjodlösung zeigte keine deutliche Reaction auf Zellstoff, ebenfalls Jod und Schwefelsäure. Nach längerer Zeit bewirkten dieselben eine schmutzig-braune Färbung des Zellinhaltes. Die Zellwände müssen also in diesen jungen Zuständen entweder einen Zellstoff enthalten, der die bekannte Reaction nicht darbietet, oder dieselbe entzieht sich der Beobachtung durch ihr unmerkliches Auftreten. Hingegen wenn die Zellen des Sporangium sich stärker verdickt hatten, trat jedesmal erst eine gelbliche, dann violette und zuletzt bläu-

liche, durch Jod und Schwefelsäure stärker hervortretende, ziemlich intensive Färbung, wie der primären Membran, so auch der Verdickungsschichten ein.

Verdünnte Aetzkalilösung färbt das Sporangium, in welchem schon Sporen liegen, hochgelb ins Grünliche spielend. Durch Hinzufügen von Jod verbleicht die gelbe Färbung; das Chlorophyll tritt deutlicher hervor, indem es sich in Häufchen, mehr zur Mitte der Zellen, ansammelt. Die frühere gelbe Färbung wird allmählich blässer und verschwindet gänzlich: das Sporangium erscheint farblos und durchsichtig überall, wo nicht der körnige Inhalt und das sehr deutlich gewordene Chlorophyll die Durchsichtigkeit beeinträchtigen. Die Zellwände, sammt den Verdickungsschichten, treten jetzt sehr schön und markirt hervor. Das aus dem Sporangium herausgedrückte Protoplasma nahm, nach einigen Minuten, eine rosa-violette Färbung an. — Ganz reife Sporangien werden durch Aetzkali goldgelb. Nur die stärker verdickten Zellwände des Annulus, sowie auch einige der Wandzellen, erhalten eine granatrothe bis braunrothe Färbung. Eine Hinzusetzung von Jod bewirkt hier ebenfalls eine Entfärbung des ganzen Sporangium, selbst die rothgefärbten Zellwände erscheinen kaum noch fahlgelb. Der noch spärlich vorhandene körnige Inhalt der Sporangienzellen zieht sich zur Mitte zusammen. — Werden reife Sporangien mit einer unverdünnten Aetzkalilösung behandelt, so platzen sie schon nach wenigen Secunden und entleeren die Sporen. Dabei dehnt sich der Annulus ganz gerade seiner Länge nach aus, zieht sich aber, nachdem ein Theil der Sporen herausgetreten, wieder zur früheren Bogenkrümmung ziemlich rasch zusammen, doch nicht in allen Sporangien gleichmässig stark, was offenbar von seiner Elasticität abhängt, die aber selbst wieder im Zusammenhange mit dem Grade seiner Entwicklung steht.

Englische Schwefelsäure macht das reifere Sporangium meistens an dem Orte, wo sich die schmalen Zellen befinden, zerplatzen. Der Riss geht quer durch die Wandung des Sporangium, noch weiter als diese Zellen reichen, sogar bis zu dem Annulus. Das Protoplasma, wo es noch in den Zellen vorhanden, färbt sich bei Hinzufügung von Jod rosenroth ins Violette spielend. Bei stärkerer Einwirkung der Schwefelsäure lösen sich jedoch sehr bald alle Zellen des Sporangium auf. Nur die Cuticula, die seinen äusseren Ueberzug ausmacht, bleibt unaufgelöst und hebt sich als stark aufgequollene, homogene, strohgelb gefärbte Haut ab, den aufgelösten Rest des Sporangium überdeckend.

Chromsäure bewirkt eine orange Färbung des ganzen Sporangium, die bald in eine blutrothe übergeht. Zugleich verschwimmen die Zellencontouren. Nach kurzer Zeit löst sich das ganze Sporangium sammt der Cuticula auf.

Kohlensaures Ammoniak wirkt auch hier in den ersten Augenblicken, aber nur im verdünnten Zustande, auf eine für die Beobachtung des Innern günstige Weise: der Inhalt der Sporenzellen wird anscheinend durchsichtiger, die Zellencontouren deutlicher. Doch bald vergeht diese Wirkung: das Protoplasma zieht sich zusammen (dies und folgendes geschieht sogleich bei Anwendung einer unverdünnten Lösung), färbt sich gelblich-grün, ebenfalls der Kern, der früher kaum sichtbar war. Diese Wirkung kann also das Vorhandensein geringer Quantitäten von Protoplasma verdeutlichen. Auch das Chlorophyll tritt schärfer hervor. Nach einiger Zeit werden die Zellcontouren undeutlich und der Inhalt nimmt eine bräunliche Färbung an. Auf ganz junge Sporangien wirkt das kohlensaure Ammoniak noch viel stärker und rascher.

Ueber den Stiel Umständlicheres mitzutheilen, würde für unseren Zweck ohne Bedeutung sein. Ich gebe darum nur an, dass er aus der unteren Hälfte der in zwei getheilten Epidermiszelle entsteht, indem anfangs in ihr durch wiederholte Quertheilungen eine Anzahl von Zellen gebildet werden, die, sich vergrößernd, den Stiel verlängern. Ein körniger Inhalt und grobkörniges Chlorophyll, ebenfalls grosse Zellkerne mit Kernkörperchen lassen sich schon sehr frühzeitig in ihnen wahrnehmen. Ehe diese Zellen bedeutender entwickelt, erfolgen in jeder von ihnen Längstheilungen, wodurch gewöhnlich zwei Reihen von Zellen, nicht selten auch mehr, entstehen. Die fernere Entwicklung der Stielzellen, sowie die Wirkung verschiedener Reagentien auf dieselben zeigen in vielen Beziehungen Aehnliches wie die Zellen der Sporangienwand, was mich überhebt in weitere Erörterungen einzugehen.

Kehren wir zu dem Inhalte des Innern des Sporangium zurück.

Nachdem ein Zellkern daselbst entstanden, bildet sich um ihn herum eine Zellmembran, — es erscheint eine Zelle. Dass anfangs nur ein Kern in einer Zelle eingeschlossen im Innern des Sporangium sich vorfindet, selbst zuerst der freie Kern von keiner Zellmembran umgeben, beweisen einige Fälle, die ich beobachtete. So bei *Polypod. sporodocarpum* sieht man im Sporangium öfters nur einen Kern (XXIV, 4), dann in andern Sporangien nur eine Zelle mit einem Kern (XXIV, 5). Diese Zustände waren durch keine für die Beobachtung

ungünstigen Umstände undeutlich gemacht, sondern liessen sich sehr vollkommen betrachten. Doch die ausserordentliche Zartheit und Durchsichtigkeit derselben hätten mich über eine richtige Deutung noch zweifeln lassen, wenn ich nicht dieselben Zustände, aber noch ausgeprägter, bei *Aspid. Filix mas* gesehen, wo ich in einigen Fällen nur einen Kern, in andern eine Zelle mit einem Kern im Innern des Sporangium vorfand. Der freie Kern lag in einem ganz jungen Sporangium, in welchem erst nur eine Differenzirung in Scheitel- und Stielzelle stattgefunden hatte (XXVI, 2). Er besass eine äusserst feine, aber doch scharfe Contour und ein deutliches Kernkörperchen von mittelmässiger Grösse: sonst schien sein Inhalt aus einer homogenen Flüssigkeit mit kaum wahrnehmbaren, spärlichen Körnchen und einer geringen Quantität Chlorophyll zu bestehen. Letzteres lag hauptsächlich der Hautschicht, die sich von der Sporangienwand durch Einwirkung des Wassers abgelöst hatte, an.

Diejenigen Fälle, wo eine Zelle mit einem Kerne vorhanden, liessen sich am besten bei Anwendung von Gummi, statt des Wassers, beobachten. Da erschien aber auch, bei *Aspid. Filix mas*, im Innern eines noch jungen, jedoch schon mit einem Annulus versehenen Sporangium, eine Zelle nebst Kern und Kernkörperchen ungemein deutlich und scharf gezeichnet (XXVI, 6). Der Kern war wandständig, körnig und mit einer ausgeprägten Contour. Die Zelle erschien beinahe sogleich von länglicher Gestalt, wahrscheinlich durch den eingetretenen endosmotischen Process, und zart contourirt. Ihr körniger Inhalt löste sich von der Zellwand etwas ab und contourirte sich ebenfalls. Zwischen Zelle und Sporangienwand erschien noch ein bedeutender heller Raum. Durch Endosmose wirkte auch der Gummischleim verändernd, doch nicht so rasch als das Wasser, ein: die Zellmembran dehnte sich aus, der Inhalt contrahirte und contourirte sich stärker, gleichfalls der Kern. Nach einiger Zeit wurden sie unsichtbar.

Solcher günstiger Fälle wird man seltener gewahr. Gewöhnlich hat man Zustände vor Augen, wo durch den körnigen Inhalt des Sporangium gleichsam eine runde, etwas mattglänzende Zelle hindurchscheint; doch mit Gewissheit lässt sich ihre Existenz hier nicht annehmen (XXV, 1; XXVI, 3, 4, 5).

Um die frühesten Zustände normal zu sehen, gehört nicht nur die Auswahl eines günstigen Farns, sondern auch dass man die Sporangien frischer Exemplare sogleich untersucht. Aber auch dann noch wirkt wieder das Wasser oft sehr schnell, nach einigen Secunden,

verändernd ein und ruft Erscheinungen hervor, die sonst gar nicht existirten. Schon das blosse Liegenlassen des abgeschnittenen Wedels bewirkt seinerseits, auch bei den günstigsten Farn, als *Polypod. sporod.* oder *Aspid. Filix mas*, nach kurzer Zeit (nach 1—2 Stunden) Veränderungen in jungen Sporangien. Es treten dann unnormale Ansammlungen von Protoplasma ein, oder es bilden sich sogar kleine, glänzende, runde kernartige Körperchen u. s. w. Dergleichen Erscheinungen sind gar nicht selten und können auch durch die Einwirkung des Wassers allein hervorgerufen werden, wobei noch zuerst der Inhalt sich zusammenzieht. Reagentien wirken auf diese jungen Zustände, auch in sehr schwachen Lösungen, sehr stark und liefern keine brauchbaren Ergebnisse.

Der fernere Entwicklungsgang besteht darin, dass eine Theilung des Kernes in zwei (XXIV, 6) und sogleich darauf, bei einigen Farn, der Zelle selbst erfolgt, wie dies Fälle bei *Pteris crenulata* (XXV, 3) und auch bei *Aspid. Filix mas* (XXVI, 8, 9), aber nur selten, zeigten. Die Theilungslinie des Kernes, sowie der Zelle ist meistens zur ideellen Längsachse des Sporangium perpendicular (XXIV, 6, 7; XXVI, 8); selten ist sie derselben parallel (XXV, 3; XXVI, 9). Die Zellmembran der in zwei getheilten Zelle ist in diesem Stadium noch so zart und permeabel, der endosmotische Austausch zwischen Zellinhalt und Wasser oder einer andern zur Untersuchung geeigneteren Flüssigkeit, als Gummi, Albumin, Amniosflüssigkeit, so stark und rasch, dass man sich nur dann einen richtigen Begriff vom Innern des Sporangium verschaffen kann, wenn das Sporangium sogleich nach dem Lospräpariren beobachtet wird. Doch auch dann, nach wenigen Secunden, hat man gewöhnlich einen Zustand vor Augen, wo die Zellmembran beträchtlich ausgedehnt, dadurch der Zellinhalt noch undeutlicher geworden und nur noch die zwei, durch Theilung entstandenen, etwas körnigen Kerne, die beinahe aneinander stossen, durch die neue Zellscheidewand getrennt, sehr gut zu sehen sind. Nach wenigen Augenblicken hat die Ausdehnung der in zwei getheilten Zelle ihr Maximum erreicht und die Membran platzt, fällt zusammen und entschwindet den Augen des Beobachters. Die nun zwei freien Zellkerne verändern sich durchs ungünstige Beobachtungsmedium ebenfalls, indem sie einen gelben, glänzenden Schein erhalten und ihr körniges Ansehen verlieren.

In diesem Zustande besitzt grossentheils das Sporangium schon Quertheilungen im Annulus und Wandzellen. In seinem Innern bemerkt man nur die sich theilende Zelle mit zwei Kernen in Zellflüs-

sigkeit eingebettet und ausserdem, besonders in einem etwas späteren Stadium, körniges Protoplasma, meistens dichter an der Peripherie.

Die durch Theilung entstandenen zwei Kerne zeigen jeder ein Kernkörperchen (XXVI, 9) und vergrössern sich schnell. Der Inhalt der neuentstandenen zwei Zellen ist sehr feinkörnig und scheint hauptsächlich aus einer das Licht wenig brechenden Flüssigkeit zu bestehen. In wenigen Fällen konnte ich noch die nächsten Zustände solcher Sporangien verfolgen. Diese zwei Zellen, noch immer aneinander liegend, theilten sich übers Kreuz in zwei. Ob hier die Theilung der Kerne voranging oder zu gleicher Zeit mit derjenigen der Zellen stattfand, gelang mir nicht zu beobachten; doch ist ohne Zweifel dieser Theilungsprocess vom ersteren nicht verschieden. Die vier neuentstandenen Kerne, sowie die Zellen, zeigten keinen besonderen Unterschied von den zwei ersten; bloss ihre Dimensionen, namentlich der Kerne, waren beinahe zur Hälfte verkleinert (XXVI, 10).

Jedoch häufiger, selbst manchmal bei *Aspid. Filix mas*, verhindert die Beobachtung der frühesten Zustände die in den Wandzellen sich anhäufende Protoplasamasse, welcher überdies nicht selten feinkörniges Chlorophyll beigemischt ist. Bei andern Farn, z. B. *Scolopendr. officin.*, ist dieses nicht der Fall, das Innere lässt sich ungehindert beobachten; doch sind die Dimensionen des Sporangium, in diesen Zuständen, an und für sich so klein und sein Inhalt so milchigtrübe, dass man ebenfalls keinen Aufschluss über die ersten Kern- und Zellbildungen erhält.

Dieselben sind noch am deutlichsten bei *Aspid. Filix mas* wahrzunehmen. Hier beobachtet man nicht selten im Innern des Sporangium eine scharf begrenzte Zelle mit körnigem Protoplasma, in welcher, als weitere Zustände, 4 Kerne liegen und selbst einer oder der andere von ihnen wieder schon in Theilung begriffen ist. In diesem Zustande ist augenscheinlich die erste, noch unvollständig getheilte Zelle vorhanden. Das Protoplasma hat ein grobkörniges, hellglänzendes, selten etwas gelbliches Ansehen. Die in demselben eingebetteten 4 Zellkerne erscheinen, in 4 paarweise entgegengesetzten Parteen der Zelle, körnig, glänzend, deutlich vom Protoplasma abgegrenzt, von rundlicher oder etwas unregelmässiger länglicher Gestalt (XXVI, 11). Kernkörperchen sind nicht unterscheidbar. Oefters theilt sich einer oder der andere Kern schon wieder, indem sie dann eine längliche Form annehmen und die Theilung selbst durch einen dünnen, dunklen Querstrich angedeutet ist. Auch liegen manchmal die beiden abgetheilten Hälften nur noch nebeneinander. Wahrscheinlich haben sich

zu dieser Zeit schon ausserordentlich zarte Zellmembranen um die Kerne gebildet, welche jedoch das grobkörnige Protoplasma unkenntlich macht. Denn in der That beobachtet man in andern Fällen, bei Vorhandensein von 4 Kernen, deutliche Theilungserscheinungen der ganzen Protoplasamasse in vier, wo von der Peripherie nach ihrer Mitte zu, zwischen die Kerne, Scheidewände dringen (XXVI, 12).

Die Theilung der Zelle beginnt also entweder nach vollendeter Theilung des Kerns in zwei; so bei *Polypod. sporodoc. und aureum*, *Pteris crenulata* (XXV, 3), sehr selten auch bei *Aspid. Filix mas* (XXVI, 9). In diesem Falle ist das Plasma spärlich vertreten, man merkt kaum im Zellinhalte etwas Körniges; die Zelle selbst nimmt begierig, durch Endosmose, die Flüssigkeit, in der das Sporangium liegt, auf und gleicht mehr einem durchsichtigen Bläschen mit sehr matter und feiner Contour; die Zellkerne sind hingegen scharf gezeichnet. Oder es können durch Theilung auch schon 4 Kerne vorhanden sein, ohne deutliche Theilung des Zellinhaltes, wie dies am ausgeprägtesten bei *Aspid. Filix mas* gewöhnlich zu sehen ist (XXVI, 11).

Wollen wir uns die ersten Zustände noch einmal in Kürze, ohne Rücksicht auf Gattungen und Arten, verdeutlichen und alsdann an selbige die darauf folgenden anknüpfen. In der Scheitelzelle des Sporangium entsteht, ohne Zweifel auf dem Wege der freien Zellenbildung, ein Kern, dann um ihn eine Membran, somit erst eine Zelle. Der Kern dieser Zelle theilt sich zuerst in zwei, worauf sich die Zelle selbst theilen kann, alsdann aber einen noch ganz flüssigen, kaum körnigen Inhalt (ganz so wie die erste Zelle) aufweist; oder die in zwei getheilten Kerne theilen sich nochmals, die Zelle ist noch ungetheilt. Die Kerne vergrössern sich schnell und bedeutend. Das Protoplasma wird unterdessen dichtkörniger; die Wand dieser ersten Zelle, in der nun 4 Kerne, contourirt sich deutlicher und stärker. Es erscheinen darauf Theilungen im Protoplasma in Gestalt von 4 Scheidewänden, welche von 4 entgegengesetzten Seiten an der Peripherie beginnend, zwischen je 2 Kerne hindurchgehen. Ehe die Theilungen vollständig gesonderte Zellen bilden, theilt sich einer oder der andere Kern schon wieder in zwei. Indem die Protoplasamasse vollständig durch die genannten Scheidewände zertheilt wird, runden sich die Ecken der abgetheilten Partien, durch Zusammenziehen der Zellmembran an einer Stelle und Ausdehnen an einer anderen, ab, — es entstehen rundliche Zellen.

Es erfolgt darauf neue Bildung von Scheidewänden in denjenigen

von den 4 Partieen, in welchen die Kerne sich von neuem getheilt. Doch theilen sich die Kerne immer früher als die Zellen, in denen sie liegen. Dadurch wird auch die Anwesenheit einer grösseren Anzahl Kerne: 6, 8 und selbst noch mehr, in der noch undeutlich getheilten Protoplasamasse erklärlich. Jedenfalls übersteigt anfangs die Zahl der Kerne diejenige der entstehenden Scheidewände.

Die Membran der ersten Zelle verschwindet, nachdem sich aus ihrem Inhalte 2 oder 4 neue Zellen gebildet. Letztere liegen im Sporangium ebenso frei wie die erste; doch füllen sie es vollständiger aus und hängen noch mit einander zusammen. Nachdem alle Theilungen und die Bildung der Zellen vollendet, ist dieser Zusammenhang sehr lose, was durch die Resorption der Mutterzellwände bedingt wird.

Die sich wiederholenden Kerntheilungen und Zellbildungen lassen sich nicht in allen Fällen genau verfolgen. Doch können diese Vorgänge, auf Grund vielfach wiederholter Beobachtungen, in folgenden Hauptzügen dargestellt werden. Nachdem sich zuerst 4 Kerne gebildet und diese sich wieder in zwei getheilt (XXVI, 13, 14), erfolgt eine neue Theilung der 8 Kerne, aber in einer ihrer äusseren Fläche parallelen Richtung. Dadurch bilden sich zwei Schichten von Kernen und somit später auch von Zellen, indem während der Kerntheilungen, wie oben angedeutet, auch Zellwände entstehen. Die Theilungen schreiten also bis zur Zahl 16 fort, wenigstens in den meisten Fällen bei den von mir untersuchten Farn. Während dieser fortdauernden Theilungen und Zellbildungen hängt der ganze Complex von Kernen, schon ausgebildeteren und sich wieder theilenden Zellen mit körnigem Protoplasma im Sporangium zusammen. Nach beendigter Theilung der Kerne und des Zellenprotoplasma haben wir jene Mutterzellen vor uns, in denen unmittelbar die Sporen entstehen.

Zweifelhaft bleibt es, ob alle auf die soeben erwähnte Weise gebildeten Kerne später einzeln jeder für sich in eine Zellmembran eingeschlossen wird; oder ob etliche als freie Kerne zurückbleiben und dann diejenigen vorstellen, die man manchmal, anscheinend im Innern des Sporangium, ausserhalb ausgebildeter Zellen liegen sieht. Doch können diese scheinbar freien Kerne auch noch anderswie entstehen. Nämlich während der Beobachtung, sobald das Präparat ins Wasser gelegt wird, erfolgt sogleich ein starker endosmotischer Process zwischen dem Zellinhalte und dem Wasser. Die jungen Zellmembranen sind noch so zart, dass sie der Ausdehnung, die durch das eingedrungene Wasser hervorgebracht wird, nicht hinreichenden

Widerstand leisten. Sie dehnen sich zwar aus, platzen aber auch sehr bald unter den Augen des Beobachters. Die Membranen fallen zusammen und werden unsichtbar; nur die Kerne erscheinen darauf um so deutlicher und können auf diese Weise Anlass zu einer falschen Deutung geben.

Die zweite Möglichkeit der Bildung anscheinend frei im Sporangium liegender Kerne wird ebenfalls durch den Einfluss des Wassers, sowie verdünnter, coagulirend wirkender Reagentien, jedoch auf entwickeltere Zellen und nach einiger Zeit hervorgerufen. Man kann die Entstehungsweise dieser kernartigen Gebilde (denn wie sollten anders die rundcontourirten, glänzenden und scharf vom übrigen Inhalte abstechenden Körperchen genannt werden?) als eine Coagulation des Protoplasma auffassen. Dass sich solche kernartige Massen durch Einwirkung eines neuen Medium wirklich bilden, überzeugt eine längere Beobachtung junger Sporangien, in denen anfangs nichts von dergleichen Gebilden zu sehen, nach einiger Zeit aber welche erscheinen. Doch ist zu berücksichtigen, dass die auf letztere Weise entstandenen kernartigen Gebilde immer ein gelbliches, oft glänzendes, sogar schmutzig-gelbes Ansehen haben und ausserdem ihre Contour oft unregelmässig, sie selbst aber nach einiger Zeit gleichsam geschichtet erscheinen.

Noch ist der mattglänzend und grau erscheinenden Kerne innerhalb unverletzter Sporangien zu gedenken, die manchmal zugleich durch Protoplasmafäden mit den Sporenmutterzellen oder der Sporangienwand verbunden werden. Ihre Entstehungsweise ist verschieden zu deuten. So konnte man in einigen Fällen annehmen, dass sie der hinteren Sporangienwand angehörten. Oder dass dieselben aus einigen unmerklich geplatzten Mutterzellen herausgetreten waren. Oder endlich, bleiben einige Kerne, bei ihrer Bildung, wirklich als freie zurück, um später, gleich den freien Kernen im Embryosacke der Phanerogamen, unterzugehen?

Das Resultat jener successiven Kerntheilungen und Zellbildungen sind, wie erwähnt, die Mutterzellen der Sporen selbst. Anfangs, sogleich nach ihrer Bildung, haben sie ein anderes Ansehen, als späterhin. Sie erscheinen zuvörderst als kleine, mattglänzende, runde Zellen, die bei ihrer gedrängten Lage an den aneinanderstossenden Seiten sich abplattten (XXVI, 15). Die Abplattung zeigt sich gewöhnlich nur an einer Seite jeder Zelle, wo dieselbe mit der Nachbarzelle zusammenhängt.

Die noch kleinen Mutterzellen erfüllen das Innere des Sporan-

gium beinahe vollständig. Als besonders günstig zu ihrer Beobachtung erweist sich *Scolopendr. officin.*, indem die Zellen der Sporangienwand wenig Chlorophyll enthalten, durchsichtiger und schwach verdickt sind. Hier sieht man recht deutlich, dass im trüben Inhalte der Mutterzellen sich sehr feine, glänzende, das Licht stark brechende Körnchen vorfinden. Den Kern bemerkt man durch die Wandung des Sporangium nicht, was nur von seiner Durchsichtigkeit abhängt. Denn sind diese Zellen aus dem Sporangium herausgetreten, oder selbst noch in demselben, jedoch durch irgend eine beschädigte und geöffnete Stelle der Sporangienwand sichtbar, so wird man seiner sogleich gewahr. Er erscheint in centraler Lage, mittelgross, sehr zart contourirt, helldurchsichtig, nur mit sehr feingekörneltem Inhalte versehen. In diesen jungen Mutterzellen bewirkt das Wasser keine bedeutende Anschwellung; aber der ganze Inhalt zieht sich anfangs von der Zellmembran regelmässig-rund ab und contourirt sich deutlich; später wird er schmutzig-bräunlich. Beinahe zu gleicher Zeit bemerkt man dergleichen Erscheinungen auch in den Sporangienzellen und ausserdem noch ein Zerfallen des Inhalts in Klumpen, wodurch die Beobachtung des Innern völlig unmöglich wird.

Reagentien wirken viel charakteristischer auf entwickeltere Mutterzellen und werden weiter unten besprochen werden. Hier sei nur bemerkt, dass ihre Wirkung auf jüngere Zellen zu energisch ist, um genauere Schlüsse zuzulassen.

Mit dem Wachsthum des Sporangium nehmen auch die Mutterzellen an Grösse zu und erreichen zuletzt beinahe einen doppelt so grossen Durchmesser, als anfangs. Auch das Innere des Sporangium erweitert sich, doch so bedeutend, dass es von den Mutterzellen viel unvollständiger als früher ausgefüllt wird. Besonders anschaulich findet dieses bei *Polypod. crassifolium* L. (XXV, 4) und *Scolopendr. officin.* (XXV, 5) statt. Hier ist beinahe nur der halbe Raum des Innern von den kugelförmig zusammengeballten Mutterzellen eingenommen.

Während ihres Wachsthumns verändern sich die Mutterzellen allmählich. Im Stadium, welches unmittelbar ihrer Theilung vorangeht, sind dieselben nicht nur beinahe ums Doppelte grösser und stark contourirt, sondern man sieht auch eine bedeutendere peripherische Ansammlung des viel grobkörniger und trüber gewordenen Protoplasma; auch ist der Kern grösser, grobkörnig, schärfer umgrenzt und zwischen ihm und dem an der Peripherie angesammelten Protoplasma bleibt ein Zwischenraum gleich einem hellen, engen Ringe, der wahr-

scheinlich nur mit Zellflüssigkeit erfüllt ist. Der Kern ist meistens nur in entblösten Mutterzellen sichtbar.

Schon der Tropfen Wasser des Objectträgers wirkt, durch Endosmose, auf Zelle und Kern mehr oder weniger verändernd ein. In noch unvollständig entwickelten Mutterzellen dehnt sich die Zellmembran bedeutend aus, weniger der Kern (XXVI, 22 a). Zugleich schwimmt der Inhalt, bis die Membran der Zelle platzt und den Kern herauslässt (XXVI, 22 b), der dann einem feinen Bläschen, von beinahe homogener, ungekörnelter Beschaffenheit, gleicht, was wahrscheinlich von dem eingedrungenen Wasser abhängt. Die geplatze Zellmembran fällt zusammen, behält jedoch manchmal eine kreisförmige Contour und lässt noch den Zellinhalt, viel gleichmässiger vertheilt, wahrnehmen. Der herausgetretene Kern schrumpft späterhin zusammen.

In entwickelten Mutterzellen treten, nach Einwirkung des Wassers, andere Erscheinungen ein. Die Zellmembran dehnt sich aus, aber weniger, sie erscheint aufgequollen (XXVI, 21 a); der körnige Inhalt lagert sich dichter der inneren Peripherie an; der Kern schrumpft zusammen. Manche solcher Zellen platzen ebenfalls, durch den Einfluss des Wassers, und lassen den zusammengeschrumpften Kern gleichsam herausspringen (XXVI, 21 b). Er erscheint alsdann klein und sehr körnig, der körnige Inhalt der geplatzen Zelle aber gleichmässiger vertheilt und deutlicher. Dieser Zustand erleidet keine merkliche Veränderung während einiger Stunden. — Andere ausgebildete Mutterzellen platzen nicht, zeigen jedoch eine noch ausgeprägtere peripherische Ansammlung des Protoplasma und eine Veränderung ihres Kerns, welcher sich stark contourirt und glänzend, schmutzig-gelb erscheint.

Zur genaueren Untersuchung dieser verschiedenen Zustände eignet sich das Gummi arabicum viel mehr, indem es, wenigstens in den ersten paar Minuten, noch normalere Zustände sehen lässt und später die durch Endosmose hervorgerufenen Erscheinungen langsamer und deutlicher auftreten. In Gummi betrachtete, isolirte Mutterzellen lassen in den ersten Augenblicken noch keinen Kern wahrnehmen, ohne Zweifel wegen der noch grösseren Trübung des Protoplasma durch den Gummischleim. Sogleich aber darauf erscheint der Kern deutlich und scharf contourirt, von körnigem Ansehen (XXVI, 20). Doch bald wird er durch den eingetretenen endosmotischen Process verändert: er schrumpft immer mehr zusammen, seine Contour verliert an Schärfe. Das Protoplasma sammelt sich mehr zur Peri-

pherie der Zellwand an und nach Verlauf von noch einigen Minuten erscheint es ganz feinkörnig und sehr spärlich, der Kern aber zusammengeschrumpft und dichtkörnig, — um ihn herum ein breiter, heller Raum.

Wir wenden uns jetzt zu einer Erscheinung, welche im innigsten Zusammenhange mit der Entwicklung der Mutterzellen steht. Wie erwähnt, liegen dieselben von Anfang an dicht nebeneinander, das Sporangium beinahe völlig ausfüllend. Zu dieser Zeit schon sieht man an Stellen, wo ein grösserer Zwischenraum zwischen aneinanderstossenden Zellen entsteht, am äusseren Rande des ganzen Zellencomplexes eine sehr schwach contourirte Hülle von mattem, das Licht wenig brechendem Scheine. Je grösser die Mutterzellen werden, um so deutlicher erscheint diese Hülle: sie erhält nicht nur zwei Contouren, sondern verdickt sich auch (XXVI, 16). Ihre äussere Begrenzung wird dunkler und oftmals wellig an Stellen, wo sie die zusammengeballten Mutterzellen nicht berührt. Ich nenne diese Hülle Epiplasma und verstehe hier darunter nur einen aus verdichtetem und auch chemisch verändertem Protoplasma gebildeten Ueberzug der Mutterzellen. Es entsteht wahrscheinlich aus demjenigen Protoplasma, welches sich im Sporangium, namentlich zwischen den Mutterzellen, vorfindet und ist insoweit verändert, wie es Reagentien beweisen, dass in ihm mehr Kohlenhydrate, weniger Stickstoff enthalten sind.

Dieses Epiplasma bildet nicht nur eine vollkommen geschlossene Hülle, sondern wird auch während des Zellenwachsthum's dicker. Es hängt anfangs, wenn der Innenraum des Sporangium noch klein ist, meist mit der Wand des letzteren zusammen (XXVI, 16). Je mehr aber das Innere sich vergrössert und je weniger die Mutterzellen es ausfüllen, um so mehr trennt es sich von der Innenwand los und hängt zuletzt nur an einer Stelle oder gar nicht mehr mit ihr zusammen (XXV, 4, 8 a). Fest umhüllt es dann sämtliche Mutterzellen, die gleich einer Insel oder einer Colonie im Innern herum schwimmen.

Das Wasser des Objectträgers bewirkt sehr interessante Erscheinungen. Man sieht deutlich, wie das Epiplasma durch den Einfluss des Wassers aufquillt, namentlich in einem ausgebildeteren Zustande. Zugleich erhält es ein etwas geschichtetes Ansehen und wird lichtbrechender. Wirkt das Wasser auf irgend welche Weise stärker, dringt es schneller ins Innere des Sporangium ein, so wird man leicht gewahr, wie das Epiplasma sich von der Innenwand ablöst und nun der von ihm umschlossene Ballen Mutterzellen nicht nur den früheren

Ort verlässt und an einen andern gelangt, sondern manchmal zugleich noch um seine Achse sich herumdreht. Sind die Mutterzellen schon ihrer vollen Entwicklung nahe, so bewirkt das Wasser ausserdem eine Lostrennung des Epiplasma von den Mutterzellen selbst und zwar auf eine merkwürdige Weise. Dasselbe hebt sich an einer, häufiger an zwei nahe beieinander liegenden (XXV, 8 b), selten an mehreren Stellen von den Mutterzellen ab. Dieser abgehobene Theil des Epiplasma dehnt sich mehr und mehr aus und zeigt dann eine doppelte Contour. Diese Ausdehnung, bedeutender in die Höhe oder Länge, weniger in die Breite oder nach den Seiten, dauert so lange, wie ich es besonders deutlich bei *Asplenium Serra* Lgsd. et Fisch. beobachtete, bis das Epiplasma die Sporangienwand erreicht (XXV, 8 b). Nach längerer Einwirkung des Wassers wird es trübe und unkenntlich, besonders bei *Polypodium dimorphum* Link. Nur bei *Scolopendr. officin.* hatte ich Gelegenheit den weiteren Vorgang zu verfolgen: das Epiplasma dehnte sich noch bedeutender aus, platzte aber, nach 20 Minuten, und entliess ins Innere einige Mutterzellen.

An denjenigen Stellen, wo das Epiplasma sich von den Mutterzellen abgehoben hatte, trat am allerersten eine Veränderung in letzteren ein: ihre Membran wurde wellig, wie zusammengeschrumpft und dadurch zugleich dunkler und markirter, ihr Inhalt trübe und zuletzt ganz unkenntlich (XXV, 8 b). Nach und nach wurden auch die übrigen Mutterzellen so verändert. In andern Fällen, bei andern Farn, so bei *Polyp. sporodocarpum*, *Scolop. officin.*, hebt sich das Epiplasma um einen grösseren Theil des Mutterzellenhaufens ab und dehnt sich weniger aus. Hierbei, bei der Beurtheilung der Ausdehnungsfähigkeit und überhaupt der Loslösung des Epiplasma wie von der Sporangienwand, so auch namentlich von den Mutterzellen, ist sehr sein Entwicklungsgrad zu beachten. Am auffallendsten zeigt es die soeben beschriebenen Erscheinungen im ausgeprägteren Zustande, zur Zeit also, wo die Mutterzellen dem Ende ihres Wachstums nahe sind. Weiter unten kommen wir noch auf das fernere Verhalten des Epiplasma zurück.

Hier ist zugleich einer auffallenden Erscheinung zu erwähnen, die bei manchen Farn sehr oft zu beobachten ist, wie bei *Scolop. officin.*, *Polyp. dimorphum*, seltener bei *Aspid. Filix mas* und *Polypod. sporodocarpum*. Man sieht nämlich in vielen Fällen, wo jüngere oder häufiger ältere Mutterzellen vom Epiplasma umschlossen sind, von demselben nach der Sporangienwand Fäden ausgezogen, in der Zahl von einem bis mehreren (XXV, 5), sogar bis sechs. Die Fäden sind

von mattem Scheine und werden gewöhnlich nach ihren beiden Enden zu breiter. Ohne Zweifel können sie als Protoplasmafäden angesehen werden, die bei der Lostrennung des Epiplasma von der Sporangienwand entstehen. Sie ändern nicht nur häufig und verschiedenartig, in Zeit einiger Minuten, ihren Mündungsort, sondern gestalten sich selbst bald dünner, bald dicker. Auch treten sie nicht selten erst deutlicher hervor, nachdem das Präparat einige Secunden bis einige Minuten lang beobachtet wurde, und erhalten sich bis zur Zeit, wo die Beobachtung des Innern, wegen eingetretener Veränderungen, aufgehoben wird. — Durch Chlorzinkjodlösung wurden die Fäden bräunlich-gelb, beinahe ebenso wie das Epiplasma, welches jedoch mehr ins Violette schillerte.

Ich erwähne noch der Wirkung folgender Reagentien auf die Mutterzellen.

Durch Alkohol zieht sich der Inhalt von der Zellwand ab und contourirt sich schwach: zwischen beiden bleibt ein heller Ring. Der Inhalt erscheint körnig; nach einiger Zeit wird er trüber, braun und zuletzt sammt der Zelle ganz unkenntlich. Alkohol und darauf sogleich Aetzkali angewandt, lassen, nach 5—10 Minuten, dieselben Erscheinungen, wie durch längeres Einwirken des Wassers, namentlich die glänzende schmutzig-gelbe Färbung des Kerns, sehen.

Aetzkali färbt die Mutterzellen goldgelb, zugleich bemerkt man eine dichtere peripherische Ansammlung der Körnchen des Protoplasma; der Kern dehnt sich sehr rasch aus und platzt nach einigen Secunden. Die Membran der Zelle dehnt sich nicht sehr bedeutend aus.

Chlorzinkjodlösung bewirkt ein Zusammenschrumpfen der Zellmembran, indem zuerst noch das Protoplasma von ihr sich ablöst. Nach einigen Minuten färbt sich der Inhalt schmutzig-braun, die Membran wird unkenntlich und die Zelle stellt nur unförmliche, braune Klumpen dar.

Kohlensaures Ammoniak, in verdünnter Lösung, lässt anfangs die Zellencontouren deutlicher hervortreten, der Inhalt zieht sich nur wenig von der Zellwand ab; doch nach einigen Minuten, bei Anwendung einer concentrirten Lösung noch schneller, färbt sich der Inhalt bräunlich und die Zellencontouren schrumpfen zusammen.

In diesen soeben beschriebenen Mutterzellen entstehen die Sporen direct durch einen Theilungsprocess. Die Erscheinungen und der ganze Hergang der dabei stattfindenden Theilungs- und Bildungsprocesse lassen sich nur bei einigen Farn genauer und vollständiger ver-

folgen. Unter den von mir untersuchten erwies sich *Cibotium Schiedei* Schltd. als das günstigste in dieser Beziehung. Da, einige unbedeutende Unterschiede abgerechnet, bei andern Farn, so viel ich sehen konnte, diese Vorgänge immer sich gleich bleiben, so wird es am geeignetsten sein, diese Species als Typus anzunehmen und nur das bei ihr Beobachtete wiederzugeben.

Die Theilung betrifft zuerst den Kern der Mutterzellen. Zu dieser Zeit tritt derselbe, in centraler Stellung, deutlicher hervor, verlängert und vergrössert sich; es erscheinen in ihm zwei deutliche Kernkörperchen, zwischen ihm und der Zellmembran sammelt sich körniges Protoplasma an (XXVII, 3). Der Kern theilt sich in zwei; jede Hälfte enthält ein Kernkörperchen; das Protoplasma vermehrt sich (XXVII, 4). Die Kerne treten auseinander, vergrössern sich und nehmen eine vom Centrum entferntere Lage, in entgegengesetzten Punkten, näher zur Peripherie, ein; um einen jeden von ihnen bemerkt man eine Ansammlung von Protoplasma (XXVII, 6). Sodann theilt sich der Inhalt der Mutterzelle in zwei. Die Theilungslinie geht zwischen beiden Kernen hindurch, so dass in jeder Hälfte ein Kern zu liegen kommt. Letztere erhalten eine längliche Gestalt (XXVII, 7) und theilen sich darauf in zwei; in jeder Hälfte des Inhaltes liegen dann 2 Kerne, die sich abrunden und entgegengesetzte Stellen, näher zu den Winkeln, einnehmen (XXVII, 8). In beiden Hälften des Inhaltes erfolgt eine Quertheilung, wodurch 4 Specialzellen entstehen (XXVII, 9). Diese 4 Parteen, oder Special- oder Sporenzellen liegen (wie es später viel deutlicher hervortritt) in 2 Schichten zu zwei übers Kreuz. Jede Schicht ist darum nur bei einer andern Focaleinstellung zu sehen. Auf dieselbe Weise geschieht die Theilung der Mutterzellen auch bei *Polypod. sporocarpum*, *crasifolium* u. s. w.

Bei *Cibotium Schiedei* erfolgt die Theilung der Mutterzellen sehr oft aber nach dem tetraëdrischen Typus. In diesen Fällen hatte ich immer nur Zustände vor Augen, wo die Theilung schon vollendet war (XXVII, 11, 12). Doch die Kleinheit und gegenseitige Lage der 4 neuentstandenen Kerne (XXVII, 12) lassen hierbei mit Sicherheit auf ihr Entstehen durch Theilung schliessen. Die durch Theilung entstandenen 4 Parteen des Inhalts sind anfangs ganz schwach an ihren vier Seiten contourirt, ihre Ecken noch nicht abgerundet; die der Mutterzellmembran anliegenden Seiten gewölbt, die übrigen flacher oder mit einer geringeren Krümmung (XXVII, 11). Der Inhalt einer jeden Partie ist feinkörnig, mit einigen grösseren Körnchen, wenig

dicht und zeigt einen kleinen, stark glänzenden Kern, welcher der Theilungslinie, mehr zur Mitte der Mutterzelle, anliegt (XXVII, 12).

Jede der vier Parteen umkleidet sich mit einer Hautschicht, die anfangs für je zwei angrenzende Parteen nur als eine dunkle Linie, jedoch da, wo dieselbe zur Membran der Mutterzelle sich nähert, in zwei gespalten erscheint (XXVII, 11). Dieses beweist aber, dass die einfache Linie gleich anfangs schon zwei Hautschichten darstellt, von denen eine jede die Membran der abgetheilten Partie bildet. Die Membran der Tochterzelle erscheint zuerst wie aufgequollen: von ihrer äusseren Contour ist die des Inhaltes ziemlich entfernt (XXVII, 11).

Das Wasser des Objectträgers bewirkt in diesen frühen Theilungszuständen ein Anschwellen der Mutterzelle. Durch den eintretenden endosmotischen Process wird der Inhalt undeutlich. Chlorzinkjodlösung färbt den Inhalt bräunlich-gelb und macht ihn zusammenschrumpfen; der Kern erscheint glänzend-gelb.

Die erwähnten 4 Parteen vergrössern sich: sie wachsen mehr in die Länge, weniger nach ihren zwei übrigen Dimensionen und nähern sich dadurch mehr und mehr der typischen Sporengestalt. Zugleich wird der Inhalt grobkörniger, es erscheinen in ihm ganz kleine, aber deutliche Kügelchen von fettem Oel. Der Kern wird ebenfalls grösser und nimmt eine mehr centrale Lage und runde Gestalt an. Die Membranen der Tochterzellen erscheinen gesondert und ausgeprägter, selbst mit doppelter Contour an der der Membran der Mutterzelle zunächst liegenden Seite. Das aufgequollene Aussehen ist verschwunden, der Inhalt liegt unmittelbar der Contour an. Durch die entwickelteren Tochterzellen wird unterdessen die Membran der Mutterzelle bedeutend ausgedehnt; sie contourirt sich schwächer.

Die Tochterzellen erreichen bald den Zustand, in welchem sie schon die Gestalt der Sporen zeigen. Sie rücken dann auseinander, ihre Contour erscheint doppelt, der Inhalt reicher an Oeltropfen und weniger grobkörnig. Zugleich verdünnt sich die Mutterzellmembran beträchtlich. Die weitere Ausbildung der Tochterzellen bis zur vollen Reife besteht in einer geringen Zunahme ihres Volumen, dem Erscheinen zahlreicherer Oeltropfen, feinkörnigen Chlorophylls (doch nicht bei allen Farn) und farbloser Körnchen und der Ausbildung der Häute. Die Membran der Mutterzelle zeigt, kurz vor der Sporenreife, an einigen Stellen eine doppelte Contour, an andern Körnchen (XXVII, 15). Sie umschliesst noch immer die beinahe völlig reifen Sporen, obgleich dieselben schon in einiger Entfernung voneinander liegen (XXVII, 15) und erscheint zuletzt kaum sichtbar nur noch stellenweise (XXVII,

16, 18). Werden Mutterzellen, noch vor der Sporenreife, aus dem Sporangium herausgedrückt, so sieht man zwischen ihnen eine spärliche körnige Masse, deren Körnchen, einige Minuten lang, Brown's Molecularbewegung zeigen.

Wenn das Sporangium, zur Zeit der Sporenreife, platzt, so ist keine Spur weder von den Mutterzellmembranen, noch vom Epiplasma vorhanden (XXV, 7). Letzteres erscheint schon während der Theilung der Mutterzellen bedeutend verdünnt (XXIV, 12), besonders deutlich bei *Scolopendr. officin.* (XXV, 6), und wird wahrscheinlich als Bildungsstoff für die Sporen verwendet.

Noch innerhalb des Sporangium erhalten die Sporen ihre volle Ausbildung. Hierbei ist das Entstehen der Sporenhäute, sowie die Umwandlung ihres Inhaltes am interessantesten und zugleich am schwersten zu beobachten.

Sobald die Sporen eine doppelte Contour zeigen, von denen die äussere ausgeprägter, ist auch der Inhalt schon mit zahlreichen Tropfen fetten Oels¹⁾, zu denen sich in vielen Fällen Chlorophyll und farblose Körnchen hinzugesellen, erfüllt. Den Kern wird man nicht mehr gewahr. Reifere Sporen zeigen nicht nur eine ausgeprägtere Exine, sondern auch die Intine, welche als zartes Häutchen den Inhalt umgrenzt.

Die reifen Sporen sind je nach den Farn verschiedenartig gestaltet, selbst bei ein und derselben Gattung. So hat z. B. *Polypodium vulgare* L. nierenförmige, *Polypod. crassifolium* kugelige Sporen. Eine andere Gestalt besitzen die Sporen von *Osmunda regalis*, nämlich eine dreikantig-pyramidale (XXVII, 28, 29); von *Aspidium Filix mas* eine ovale (XXVII, 22) u. s. w.

Grosse Verschiedenheiten zeigt auch die Exine reifer Sporen, nicht nur in Hinsicht der Dicke, sondern hauptsächlich der mannigfaltigen Hervorragungen oder Erhebungen an ihrer äussern Oberfläche, welche je nach den Gattungen und Arten von verschiedener Grösse, Gestalt, Anzahl und Färbung erscheinen. Kleinspitzig und durchsichtig sind sie bei *Osmunda regalis* (XXVII, 28, 29, 38 etc.); felderartig, niedrig, flach und von bläulicher Färbung bei *Polyp. vulgare*

1) Nach Unger besteht der Sporenhalt aller Cryptogamen aus Proteinsubstanzen, Stärke, Oel u. s. w. (*Anatomie u. Physiologie der Pflanzen*, 2. Ausg. S. 431). Prof. Jul. Sachs gibt an, dass die Sporen entweder Oel oder Stärke oder beides enthalten (*J. Sachs, über die Stoffe, welche das Material zum Wachsthum der Zellhäute liefern*, in *Pringsheim's Jahrb. für wiss. Bot.* III, S. 190).

(XXVII, 17); flügelartig, knotig und braun gefärbt bei *Aspid. Filix mas* (XXVII, 23) u. s. w.

Anfangs sind die Erhebungen kaum sichtbar, nämlich zu derjenigen Zeit, wo die Sporen schon ölhaltig und die Exine sich zu verdicken beginnt. In sehr kurzer Zeit nehmen die Erhebungen an Grösse zu und erreichen ihre volle Ausbildung. Wahrscheinlich ist es, dass dieselben durch eine Lebensthätigkeit der Spore bedingt, theilweise auch durch Ablagerung von aussen her entstehen. Letzteres möchte wohl die Wirkung der Schwefelsäure beweisen, indem bei deren Anwendung nur die äussersten Theile (also die jüngsten) der flügelartigen Hervorragungen glashell und aufgequollen erscheinen; hingegen die der Contour der Exine zunächst gelegenen dieselbe Färbung (z. B. eine braune), wie die letztere behalten (XXVII, 24). Ausserdem erhalten die flügelartigen Hervorragungen oder in andern Fällen die Exine selbst, bei Anwendung gewisser Reagentien, gleichsam ein geschichtetes Ansehen (XXVII, 26, 27). Ohne Zweifel bleiben sich die Vorgänge bei der Bildung der so mannigfaltigen Exine wie hier, so auch bei anderen Sporen oder beim Pollen gleich und wäre deren genaue Erforschung von nicht unbedeutender Wichtigkeit. Meine eigenen Bemühungen haben noch zu keinen entscheidenden Resultaten geführt.

An der Exine kommen noch kleine und nicht zahlreiche Tropfen fetten Oels vor, welche an der glatten Oberfläche oder an oder zwischen den Hervorragungen sitzen (XXVII, 30). Man kann sie wohl als eine Durchschwitzung des Inhaltes annehmen. Auch zeigt die Exine öfters eine doppelte Contour, was auf ihre bedeutende Dicke zu beziehen ist. Ausserdem wird man bei einigen Sporen dreier unter stumpfen Winkeln zusammenstossender, erhabener Leisten gewahr, welche durch die gegenseitige Lage und Druck der Sporen, während ihrer Entwicklung in den Mutterzellen, entstehen. Bei der Keimung reisst die Spore gewöhnlich an der Stelle dieser Leisten auf.

Die doppelte, soeben erwähnte, Contour der Exine tritt deutlicher bei Anwendung gewisser Reagentien hervor. Zum Schlusse betrachten wir somit noch die Wirkung verschiedener Reagentien wie auf ganze Sporen, so auch, in einigen Fällen, auf deren feinste Querschnitte¹⁾.

Wir erwähnen zuerst noch der Wirkung des Wassers. Dieselbe

1) Ich erhielt die feinsten Durchschnitte nach einem von Schacht für den Pollen beschriebenen Verfahren (s. Das Mikroskop, 3. Aufl. 1862, S. 68).

äussert sich im Allgemeinen in einem Anschwellen der Spore. Wo eine stärkere Exine, tritt diese Erscheinung später ein, sonst schon nach Verlauf einiger Minuten, wie z. B. bei *Polypod. dimorphum*, nach ungefähr 3 Minuten. Zugleich fliessen die Oeltropfen des Inhaltes zu grösseren zusammen, die Intine zeichnet sich deutlicher und reisst oftmals auf. Der Inhalt schrumpft zuletzt zusammen.

Jod bewirkt, in den ersten Minuten, keine merkliche Veränderung sogar bei Sporen mit einer hellen, durchsichtigen Exine, wie bei *Osmunda regalis*. Doch nach längerem Einwirken, nach 10 bis 15 Minuten, platzen beide Häute und aus der Spore tritt der Inhalt heraus, nämlich Chlorophyll, farblose Körnchen und mehr oder weniger grosse Tropfen fetten Oels (XXVII, 37). Bei *Cibotium Schiedei* erscheinen, durch Jod, das Chlorophyll und die Sporencontour dunkler.

Chlorzinkjodlösung bewirkt keine Farbenveränderung, aber ein Zusammenschrumpfen der Sporen (bei *Cibot. Schiedei*). Bei *Osmunda regalis* wird, durch Zusammenziehen des Inhaltes, die Intine sichtbarer, doch liess dieselbe keine unzweifelhafte Reaction auf Zellstoff wahrnehmen.

Aetzkali, in verdünnter Lösung, färbt die Sporen von *Cibotium Schiedei* hochgelb ins Grünliche spielend (XXVII, 25); von *Aspid. Filix mas* die unreifen gelb (XXVII, 22), die reifen werden etwas durchsichtiger: durch die braune Exine (XXVII, 23) scheinen Oeltropfen hindurch. Concentrirtere Lösungen wirken am auffallendsten auf die reifen Sporen von *Osmunda regalis*. Die erste Einwirkung des Aetzkali äussert sich in kurzen Bewegungen, gleichsam Zuckungen der Spore. Es tritt sodann eine gelb-grünliche Färbung ein; einige grössere Oeltropfen scheinen mit gelblich-glänzendem Scheine aus dem Innern hindurch. Zuletzt platzt die Spore, gewöhnlich da, wo die Leisten an der Exine (XXVII, 32, 32 a), der Inhalt wird theilweise oder vollständig entleert (XXVII, 31, 32, 32 a) und besteht aus feinkörnigem, grasgrünem Chlorophyll, hellglänzenden grösseren und kleineren Oeltropfen und einer farblosen, feinkörnigen Masse, die sich wenig mit dem Uebrigen mischt (XXVII, 32). Tritt der Inhalt nur wenig aus der Spore heraus, so sieht man deutlicher, dass derselbe von einer geschlossenen, zarten, aber scharf contourirten innern Haut oder Intine umgeben ist (XXVII, 31). Nach einiger Zeit zieht sich der Inhalt von der Intine ab und erscheint selbst ganz fein contourirt (XXVII, 31 a). — Reife Sporen von *Cibotium Schiedei* werden durch Jod gelb, die Exine gleichsam geschichtet (XXVII, 26); ihr Inhalt trübt sich, die kugeligen Oeltropfen verschwinden.

Essigsäure und essigsäures Carmin erzeugen, bei *Osmunda regalis*, nach einigen Minuten ein Aufquellen der Exine. Die Oeltropfchen im Innern sammeln sich zu zwei grossen Parteen, an zwei entgegengesetzten Seiten des Chlorophylls, an (XXVII, 39). Letzteres erhält allmählig, von der Peripherie nach der Mitte zu, eine gelbe Färbung. Später erscheint der ganze Inhalt braun und stark zusammengezogen. Die Hervorragungen der Exine verschwinden nicht.

Durch Salpetersäure schwellen die Sporen an, der Inhalt zieht sich als kugelförmige Masse zusammen und wird braungelb (bei *Osm. reg.*). Grössere Oeltropfen bilden sich aus kleineren und scheinen durch; einige anscheinend noch im Innern dieser kugelförmigen Masse, andere ausserhalb derselben. Die Hervorragungen der Exine treten schärfer hervor. Der Inhalt wird endlich ganz braun, undurchsichtig und zieht sich noch mehr zusammen: zwischen ihm und der Exine bleibt ein grösserer Zwischenraum in Gestalt eines hellen Hofes.

Schwefelsäure ruft sehr bemerkenswerthe Veränderungen in den Sporen hervor, die sich am besten bei *Osmunda regalis* verfolgen lassen. Hier färbt sich anfangs die Spore hell-orange; die Vorsprünge, welche ihre Concavität begrenzen, sinken zusammen, die ganze Spore dehnt sich aus, wird kreisrund, die orange Färbung intensiver. Bei der Einstellung auf den Rand sieht man die stachelförmigen, farblosen Hervorragungen deutlich, wie sitzend auf der Exine, die selbst unterdessen roth-orange geworden (XXVII, 34). Zugleich erscheinen im Innern zwei grosse, runde, hellgelbe Oeltropfen, die sich rechts und links vom Chlorophyll lagern. Letzteres befindet sich in der Mitte der Spore, ist anfangs dunkelgrüner, als zu dieser Zeit, und erhält später eine schmutzige Nüance. Bei einem Querschnitt der Spore sieht man, dass die Exine hier eigentlich aus zwei Schichten besteht. Die äussere von ihnen, auf der die Hervorragungen sitzen, bleibt beinahe ungefärbt und contourirt sich zart von der folgenden, innern Schicht, die eine roth-orange, später aber eine ziegelrothe Färbung annimmt und sich selbst von der Intine abgrenzt (XXVII, 38). Dieser Unterschied in der Färbung bleibt auch später sichtbar und kann nichts anderem, als einem verschiedenen Verhalten dieser Schicht gegen das Reagens und somit einer andern chemischen Zusammensetzung zugeschrieben werden. Nach Verlauf einiger Stunden nimmt die intensive Färbung der unzerplatzten Sporen ab; sie erscheinen von heller Fleischfarbe, die Stacheln kleiner und wie verschwommen; die Oeltropfen werden deutlicher und zahlreicher, ein jeder von ihnen hat das Ansehen, als ob er selbst mit noch kleineren

Tröpfchen erfüllt wäre. Tritt ein solcher Oeltropfen aus der Spore heraus, so färbt er sich bald, durch die Schwefelsäure, hellviolett und die in ihm erscheinenden Tröpfchen pfirsich-rosa (XXVII, 34 a). Die im Innern der Spore sich vorfindenden Oeltropfen verleihen ihr zu dieser Zeit eine schmutzig-violette Nüance. Einige dieser Sporen, namentlich die reiferen, platzen; ihre Exine wird blutroth, zuletzt ziegelroth (XXVII, 35). Die aus den Sporen herausgetretenen Oeltropfen werden öfters noch anders gefärbt, namentlich wenn concentrirte Schwefelsäure stärker und plötzlicher wirkt. Sie erhalten dann ein schmutzig-gelbes Aussehen; es zeigen sich in ihnen schwarze Pünktchen; nach einer Stunde und mehr werden sie ganz braunschwarz, gleichsam verkohlt (XXVII, 35 a).

Querschnitte der Sporen von *Osmunda regalis*, welche in Wasser und Gummi liegen, verhalten sich anders gegen Schwefelsäure, indem dieselbe eine pfirsich-rosa Färbung der Exine und eine hellbläulich-grüne des Chlorophylls hervorruft. Die Hervorragungen bleiben glashell. Da die Schwefelsäure durchs Gummi, unter dem Deckglase, schwer zu den Sporen dringt, so bemerkt man diese Wirkung nur da, wo sie wirklich stattfinden konnte; hingegen an andern Stellen, wo vielleicht nur eine Spur von Schwefelsäure sich dem Gummi beigemischt hatte, erhielt die Exine keine Färbung, das Chlorophyll jedoch eine gelbliche.

Die Sporen von *Cibotium Schiedeii* nehmen, bei Anwendung von Schwefelsäure, eine rosen- bis granatrothe Färbung an (XXVII, 27). Die Erhebungen der Exine bei *Aspid. Filix mas* erscheinen glashell, wie aufgequollen, ihre äussersten Ränder lösen sich auf (XXVII, 24); der Inhalt erhält eine schmutzige, violett-röthliche Färbung. Bei *Polypod. dimorphum* sind die Erscheinungen beinahe dieselben; nur die starke Exine erhält eine glashelle Contour, der Inhalt fliesst zu einer runden Oelmasse zusammen, die ganze Spore erscheint zuletzt schmutzig-ziegelroth.

Moskau, im März 1865.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. XXIV.

Fig. 1—14. *Polypodium sporodocarpum* Willd.

Fig. 1. Erster Anfang des Sporangium aus einer Epidermiszelle.

Fig. 2. Erste Quertheilung der zum Sporangium heranwachsenden Epidermiszelle, wodurch dieselbe sich in Stiel- und Scheitelzelle sondert.

Fig. 3. Ganz junges Sporangium: die feinkörnige Protoplasmamasse sammelt sich an der inneren Peripherie der Scheitelzelle an; auch ist eine kreisförmige Ansammlung sehr feiner Körnchen um ein grösseres zu bemerken (ob ein Häutchen die Ansammlung umgiebt, lässt sich nicht wahrnehmen).

Fig. 4. Nächstfolgender Zustand: gegen die Mitte zu ein kleiner, hellglänzender Kern mit einem Kernkörperchen; um denselben ein sich scharf abgrenzender körniger Hof. Es sind noch einige solcher hellglänzender, aber kleinerer Kerne zu sehen und die sich deutlich in der feinkörnigen, peripherisch abgelagerten Protoplasmamasse unterscheiden lassen.

Fig. 5. Erste Zelle nebst Kern, die als schwach contourirtes Bläschen erscheint.

Fig. 6. Theilung des ersten Zellkerns, in der noch ungetheilten Zelle, in zwei. Im Ring des Sporangium kaum bemerkbare Spuren von Quertheilungen und Zellkerne mit strahlenförmigen Protoplasmafäden.

Fig. 7. Theilung des Kerns sowie der Zelle selbst in zwei. Kerne und Zellen sind schon gesondert und hängen nur an der Berührungsstelle zusammen.

Fig. 8. Zusammenschrumpfen und Braunwerden des protoplasmatischen Inhaltes eines jungen Sporangium, nach Einwirkung von Wasser.

Fig. 9. Junge Sporenmutterzellen, in denen eine matt erscheinende körnige Substanz. Das sie umhüllende Epiplasma hat sich auf eine ganz ungewöhnliche Weise von ihnen abgehoben, nach Einwirkung des Wassers, und zeigt zwei Contouren, die jedoch in der Lithographie zu ausgeprägt erscheinen.

Fig. 10. Unnormaler Zustand durch längere Einwirkung des Wassers hervorgerufen: Mutterzellen der Sporen stark und öfters doppelt contourirt; in denselben gelbglänzende und grobcontourirte Kerne; zwischen den Zellen und an andern Stellen Ansammlungen einer körnigen, braun-gelblichen Masse. Das Sporangium selbst nur, der Deutlichkeit des Bildes wegen, angedeutet.

Fig. 11. Sporenmutterzellen mit Kernen; mehrere Kerne frei durch Zerplatzen der Zellen, nach Einwirkung von Wasser. Zwischen denselben eine feinkörnige, spärlich vorhandene Masse. Das Ganze aus einem angeschnittenen Sporangium herausgetreten.

Fig. 12. Sporangium mit Mutterzellen, in denen schon die Theilung zu Sporen vor sich gegangen. Die Mutterzellen umschliesst insgesamt das Epiplasma.

Fig. 13. Früher Theilungszustand einer Mutterzelle zu 4 Sporen, von welchen hier nur 3 sichtbar. Die Sporenkerne deutlich und gross.

Fig. 14 und 15. Verschiedene Lagen der Sporen in der Mutterzelle. Vergr. 500 mal.

Fig. 16. Ein späterer Zustand, wo alle 4 Sporen paarweise gegenüber und in zwei Schichten übers Kreuz liegend sichtbar werden.

Taf. XXV.

Fig. 1 und 3. *Pteris crenulata* (ex horto botan. Bonnensi).

Fig. 1. Ein noch ganz junges Sporangium, in welchem die Bildung des Annulus durch 5 Theilungslinien markirt ist. Die Anwesenheit einer Zelle oder eines Kerns lässt sich nicht deutlich wahrnehmen. (Durch Chlorophyll war das Sporangium ganz grünlich-gelb.)

Fig. 3. Theilung des Kerns, sowie der Zelle in zwei; doch ist letztere, durch Einwirkung des Wassers, stark angeschwollen. (Nach einigen Minuten platzte die Zellmembran und die freigewordenen Kerne erhielten ein gelbglänzendes Ansehen.)

Fig. 2 und 4. *Polypod. crassifolium* L.

Fig. 2. Ein junges Sporangium, durch die Nadel isolirt. Im Innern des dreieckigen Raumes eine bräunliche, geronnene Protoplasmanasse, durch säumiges Beobachten entstanden.

Fig. 4. Eine ganz isolirt im Innern des Sporangium liegende Masse von Mutterzellen, deren einige Zellkerne sichtbarer als die Zellmembranen selbst. Die ganze Masse von einem dünnen Epiplasma umgeben.

Fig. 5—7. *Scolopendrium officinarum* Sw.

Fig. 5. Aufgequollenes Ansehen des Epiplasma, von welchem 2 Fäden nach der Innenwand des Sporangium auslaufen. Es umschliesst hellglänzende Mutterzellen. (Der Annulus nur andeutungsweise dargestellt.)

Fig. 6. Mutterzellen, in denen sich schon Sporen gebildet, von dem aufgequollenen Epiplasma umhüllt.

Fig. 7. Ein Sporangium mit reifen Sporen. Nur der Annulus, keine Wandzellen abgebildet; sein Verlauf deutlich zu sehen.

Fig. 8a—8b. *Asplenium Serra* Lgsd. et Fisch.

Fig. 8a. Masse von Mutterzellen, vom Epiplasma umgeben. (Sie hing nur an einer Stelle mit der Innenwand des Sporangium zusammen.)

Fig. 8b. Dieselbe Masse nach längerer Einwirkung des Wassers. Das Epiplasma ist von den Mutterzellen, an der linken Seite, völlig abgelöst und contourirt sich doppelt. (Nach einiger Zeit dehnte es sich bis zur punktirten Linie, d. h. bis zur Sporangienwand, aus.) Die Mutterzellen sind zusammengeschrunpft an denjenigen Stellen, wo sich das Epiplasma abgelöst.

Taf. XXVI.

Fig. 1—20. *Aspidium Filix mas* Sw.

Fig. 1. Ganz junges Sporangium, in welchem Theilungen zu sehen, die zur Bildung der Wandzellen und auch des Annulus dienen. Im Innern gleichsam zwei Zellen zu sehen.

Fig. 2. Sehr junges Sporangium, in welchem man einen deutlich contourirten Kern mit Kernkörperchen und grobkörniges Chlorophyll wahrnimmt.

Fig. 3. Junges Sporangium mit körnigem Chlorophyll; im Innern gleichsam eine Zelle. Der innere Raum durch 6 Theilungslinien begrenzt.

Fig. 4. Aehnlicher Zustand, doch nur mit einem feinkörnigen, mattglänzenden Inhalt, ohne Chlorophyll. Im Innern anscheinend eine Zelle. (Doch ist in dieser, wie in der vorigen Figur, ihre Contour in der Lithographie zu stark hervorgehoben.) 5 Theilungslinien sichtbar.

Fig. 5. Junges Sporangium mit mattem, farblosem, feinkörnigem Inhalt, in welchem ebenfalls noch keine deutliche Zelle oder Kern zu unterscheiden. Die Bildung des Annulus zu sehen.

Fig. 6. Zustand, in Gummi arab. betrachtet: erste Zelle mit einem Kern, sehr scharf contourirt; ihr Inhalt zieht sich von der Innenwand ab. (Nach wenigen Minuten wurde die Zelle glänzend und undeutlich.) In den Annuluszellen zusammengeschrumpftes Protoplasma und kernartige Bildungen.

Fig. 7. Zelle aus einem jüngeren Sporangium (doch keine Sporenmutterzelle), in der sich der Kern in zwei getheilt.

Fig. 8. Theilung der Zelle, die beinahe das ganze Innere eines jungen Sporangium ausfüllt. und des Kerns in zwei. Noch keine Wandzellen vorhanden.

Fig. 8 a. Dieselbe Zelle, nach Anwendung von Chlorzinkjodlösung: ihre beiden Hälften trennen sich, schrumpfen zusammen und erhalten eine schmutzig-gelbe Färbung.

Fig. 9. Theilung des Kerns und der ersten Zelle in zwei. Einige Kerne, die den hinteren Wandzellen angehören, scheinen hindurch. Oben eine Zelle des Annulus, die übrigen, den innern Raum umgebenden, sind Wandzellen.

Fig. 10. Späterer Zustand, wo die Theilung sich wiederholt, doch in entgegengesetzter Richtung (der Quere nach), und 4 Kerne und ebenso viele Zellen entstanden. Das Sporangium nur angedeutet.

Fig. 11. Theilung der Kerne vor der Bildung der Zellmembranen. (Aus einem jungen Sporangium isolirt.)

Fig. 12. Desgl., wo aber schon Anfänge der Zellbildungen zu sehen.

Fig. 13. Kerne in der Protoplasamasse; um jede zwei von ihnen Andeutungen von Zellmembranen. Aus einem jungen Sporangium, welches es beinahe ganz ausfüllte, isolirt dargestellt.

Fig. 14. Zustand mit 8 Kernen; die Theilungen zu Zellen deutlicher.

Fig. 14 a. Desgl., aber nach Anwendung von Chlorzinkjodlösung: die getheilten Partien sondern sich deutlicher ab.

Fig. 15. Entwickelteres Sporangium, mit jungen Sporenmutterzellen, die sich aber wenig voneinander gesondert. Ihr Inhalt körnig und mattglänzend. Das Epiplasma nicht deutlich zu sehen.

Fig. 16. Sporenmutterzellen in einem entwickelteren Zustande, vom Epiplasma alle zugleich umhüllt. Oben eine Zelle des Annulus, die übrigen Wandzellen.

Fig. 17. Entwickelte Sporenmutterzelle mit deutlichem Kern.

Fig. 18. Desgl., aber nach Einwirkung des Wassers: der Kern ist ganz verändert und nach der Peripherie gewandert.

Fig. 19. Sporenmutterzelle mit peripherischer Ansammlung des Protoplasma.

Fig. 20. Sporenmutterzelle, in Gummi arab. betrachtet: der Kern contourirt sich ganz deutlich in der gleichmässig mit körniger Substanz erfüllten Zelle.

Fig. 20 a. Desgl., aber nach Verlauf einiger Minuten: zwischen dem Kern und der mehr nach der Peripherie abgelagerten, feinkörnigen Inhaltsmasse bildet sich ein heller Hof.

Fig. 20 b. Desgl., nach 10—15 Minuten: der Kern zusammengeschrumpft, der körnige Inhalt der Zelle, nach dem Eindringen des Gummi, kaum durch spärliche Körnchen angedeutet.

Fig. 21 a—23. Polypod. vulgare L.

Fig. 21 a. Sporenmutterzelle mit deutlichem Kern.

Fig. 21 b. Dieselbe, nachdem sie einige Zeit in Wasser gelegen: die Membran ist geplatzt und zusammengefallen, der körnige Kern herausgetreten.

Fig. 22 a. Sporenmutterzelle nebst Kern, durchs Wasser etwas ausgedehnt.

Fig. 22 b. Dieselbe, nach längerer Einwirkung des Wassers: die Membran ist geplatzt und zusammengefallen, der Kern herausgetreten und gleicht einem Bläschen.

Fig. 23. Sporenmutterzelle mit sehr deutlichem Kern und Kernkörperchen.

Taf. XXVII.

Fig. 1—15. Cibotium Schiedei Schltd.

(Bildung der Sporen in den Mutterzellen.)

Fig. 1. Mutterzelle, in der kein deutlicher Kern, wegen des eingetretenen endosmotischen Processes, zu sehen, sondern bloss eine kreisförmige Anhäufung von Protoplasma.

Fig. 2. Mutterzelle mit länglichem und excentrischem Kern.

Fig. 3. Der Kern nimmt eine centrale Lage ein, ist grösser und länglich geworden, mit 2 Kernkörperchen. Um ihn herum sammelt sich das Protoplasma.

Fig. 4. Der Kern theilt sich in zwei; in jeder Hälfte ein Kernkörperchen.

Fig. 5. Desgl., aber keine Kernkörperchen wahrzunehmen.

Fig. 6. Die zwei neuentstandenen Kerne, jeder mit einem Kernkörperchen, umringt von Protoplasma, nehmen eine entgegengesetzte Lage, an der innern Zellenperipherie, ein.

Fig. 7. Der ganze Zelleninhalt hat sich in zwei getheilt; in jeder Hälfte ein Kern.

Fig. 8. In jeder Hälfte des Zelleninhaltes hat sich der Kern wieder in zwei getheilt; die Kerne sind schon voneinander gerückt. Beide Inhaltshälften erscheinen entfernter wie voneinander, so auch von der Zellenwand.

Fig. 9. Die eine Hälfte hat sich deutlich, der Quere nach, in zwei getheilt, — Bildung der Spezialzellen.

Fig. 10. Ein Zustand, wo der Inhalt der 4 Spezialzellen ein geronnenes Ansehen, durchs Wasser, erhalten und keine Zellmembranen wahrzunehmen sind.

Fig. 11. Tetraëdrische Lage der Spezialzellen; eine jede mit einem Kern.

Fig. 12. Desgl., doch haben sich dieselben voneinander gesondert. Die Membran der Mutterzelle ist bedeutend verdünnt und gleichsam körnig.

Fig. 13. Junge Sporen, noch von der Mutterzellmembran umschlossen und in zwei Schichten, zu zwei parallel ihren Längsachsen, gelagert. In dreien von ihnen zu einem Zellkern zu sehen.

Fig. 14. Tetraëdrische Lage der voneinander gerückten Sporen.

Fig. 15. Beinahe völlig ausgebildete Sporen, die ihre Lage schon bedeutend verändert haben. In jeder noch ein Kern zu sehen. Die stark ausgedehnte Membran der Mutterzelle hält sie noch zusammen und zeigt eine doppelte, stellenweise körnige Contour.

Fig. 16 — 19. *Polypod. vulgare* L.

Fig. 16. Sporen, tetraëdrisch angeordnet, die vierte bei Veränderung der Einstellung sichtbar, mit deutlichen Kernen. Es umschliesst sie noch die Mutterzellmembran, die jedoch schon theilweise unsichtbar geworden.

Fig. 17. Spore mit tafelförmigen, bläulichen Hervorragungen.

Fig. 18. Vorgerückter Zustand als in Fig. 16; der Kern viel kleiner.

Fig. 19. Spore, an der sich schon Hervorragungen bilden, der Kern aber noch sichtbar ist.

Fig. 20 — 21. *Scelopendrium officinarum* Sw.

Fig. 20. Junge, helldurchsichtige Spore mit wenigen Tropfen fetten Oels.

Fig. 21. Beinahe völlig reife Spore; die Erhebungen der Exine durchlöchert, der Inhalt braun und undurchsichtig.

Fig. 22 — 24. *Aspidium Filix mas* Sw.

Fig. 22. Unreife Spore, ohne Erhebungen, durch Aetzkali gelb gefärbt.

Fig. 23. Reife Spore; nach Behandlung mit Aetzkali die braune Spore heller und durchsichtiger.

Fig. 24. Wirkung der Schwefelsäure auf eine reife Spore: die Erhebungen werden glashell, besonders am äusseren Rande.

Fig. 25 — 27. *Cibotium Schiedei* Schltd.

Fig. 25. Erste Einwirkung der Schwefelsäure: gelbe Färbung der Spore. Die Exine scheint stark entwickelt.

Fig. 26. Wirkung des Aetzkali: gelbe Färbung der Spore und geschichtetes Aussehen der Exine.

Fig. 27. Längere Einwirkung der Schwefelsäure: Exine granatroth und geschichtet, das Innere schwarz, durch Anwesenheit von Luft.

Fig. 28 — 39. *Osmunda regalis* L.

Fig. 28. Seitenansicht einer reifen Spore, in Oelsäss; im Innern dunkelgrünes Chlorophyll.

Fig. 29. Reife Spore, bei welcher deutlicher die pyramidale Concavität zu sehen.

Fig. 30. Reife Spore, von oben gesehen: durch das dunkle Chlorophyll scheint ein Oeltropfen hindurch. An der Aussenseite der Exine einige Tröpfchen Oel.

Fig. 31. Wirkung des Aetzkali: Exine grünlich-gelb gefärbt; der Inhalt, noch von der Intine umschlossen, tritt durch den Riss der Exine heraus.

Fig. 31 a. Dieselbe Spore nach einiger Zeit: der Inhalt contourirt sich von der Intine.

Fig. 32. Wirkung des Aetzkali: die Spore platzt und lässt den Inhalt heraus.

Fig. 32 a. Durch rascheres Einwirken des Aetzkali ist der Inhalt, noch von der Intine umschlossen, herausgetreten; die Exine gelb gefärbt.

Fig. 33. Nach Anwendung von Aetzkali: die Exine bräunlich, durch den Riss derselben ein Oeltropfen im Inhalt, welcher nicht herausgetreten, zu sehen.

Fig. 34. Wirkung der Schwefelsäure: die Spore sinkt zusammen, die Exine färbt sich roth-orange; ihre Hervorragungen bleiben hell; aus dem Inhalte treten Oeltropfen hervor.

Fig. 34 a. Ein solcher Oeltropfen aus der Spore herausgetreten, von hellvioletter Färbung, die in ihm sichtbaren Kügelchen pfirsichrosa.

Fig. 35. Nach längerer Einwirkung von Jod und Zusatz concentrirter Schwefelsäure: die ganze Exine von schmutzig-ziegelrother Färbung (dieselbe Färbung bewirkt auch Schwefelsäure allein); ihre Erhabenheiten als kleine, verkohlte Punkte zu sehen; die aus dem Riss der Exine herausgetretenen Oeltropfen schmutzig gelb-olivengrün.

Fig. 35 a. Dieselben Oeltropfen nach längerer Zeit, — von brauner Färbung. (Dieselbe Erscheinung oftmals nach Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure allein.)

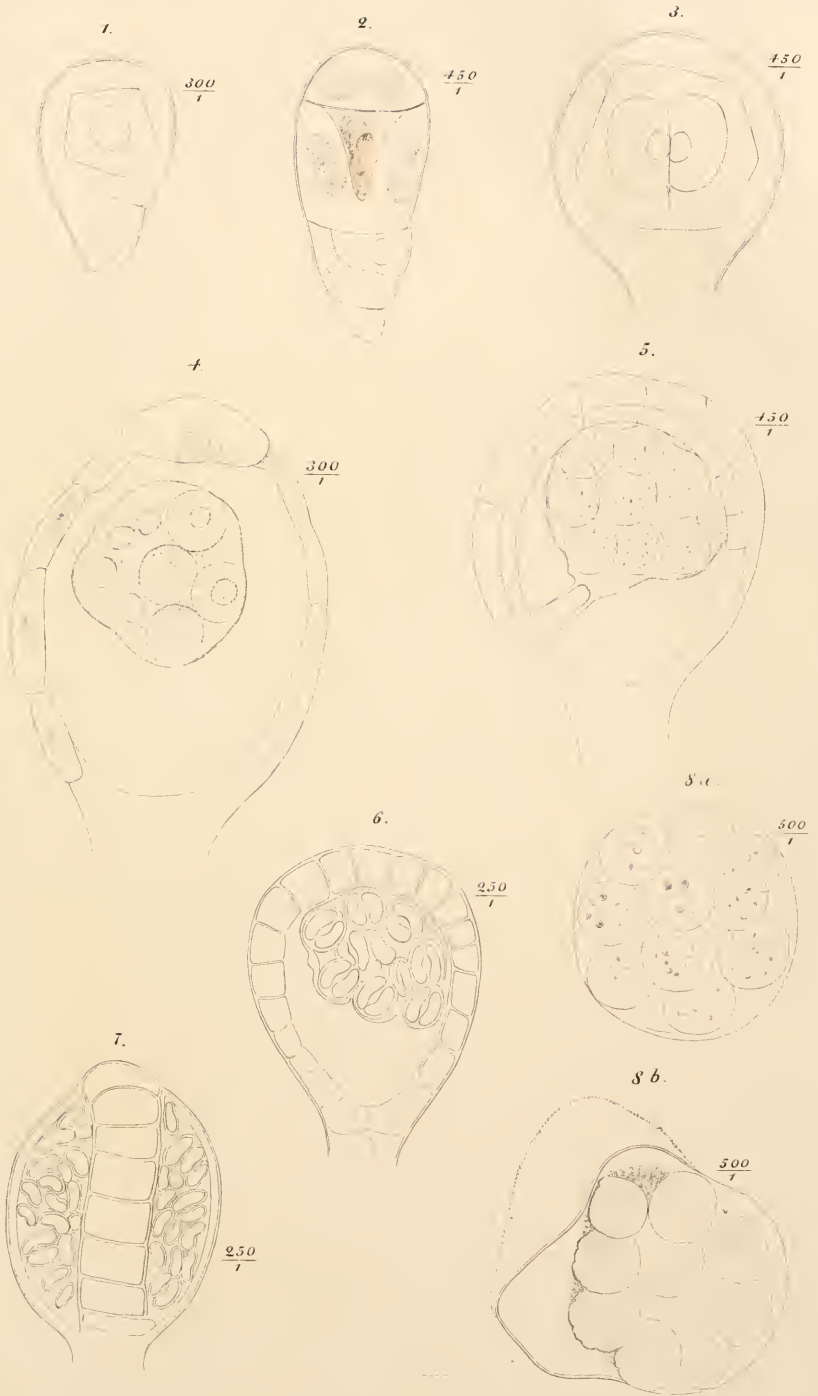
Fig. 36. Sogleich nach Anwendung verdünnter Schwefelsäure: beim Drücken des Deckglases, an der Stelle der drei Leisten, geplatzte Sporen, mit heraustretendem Inhalte.

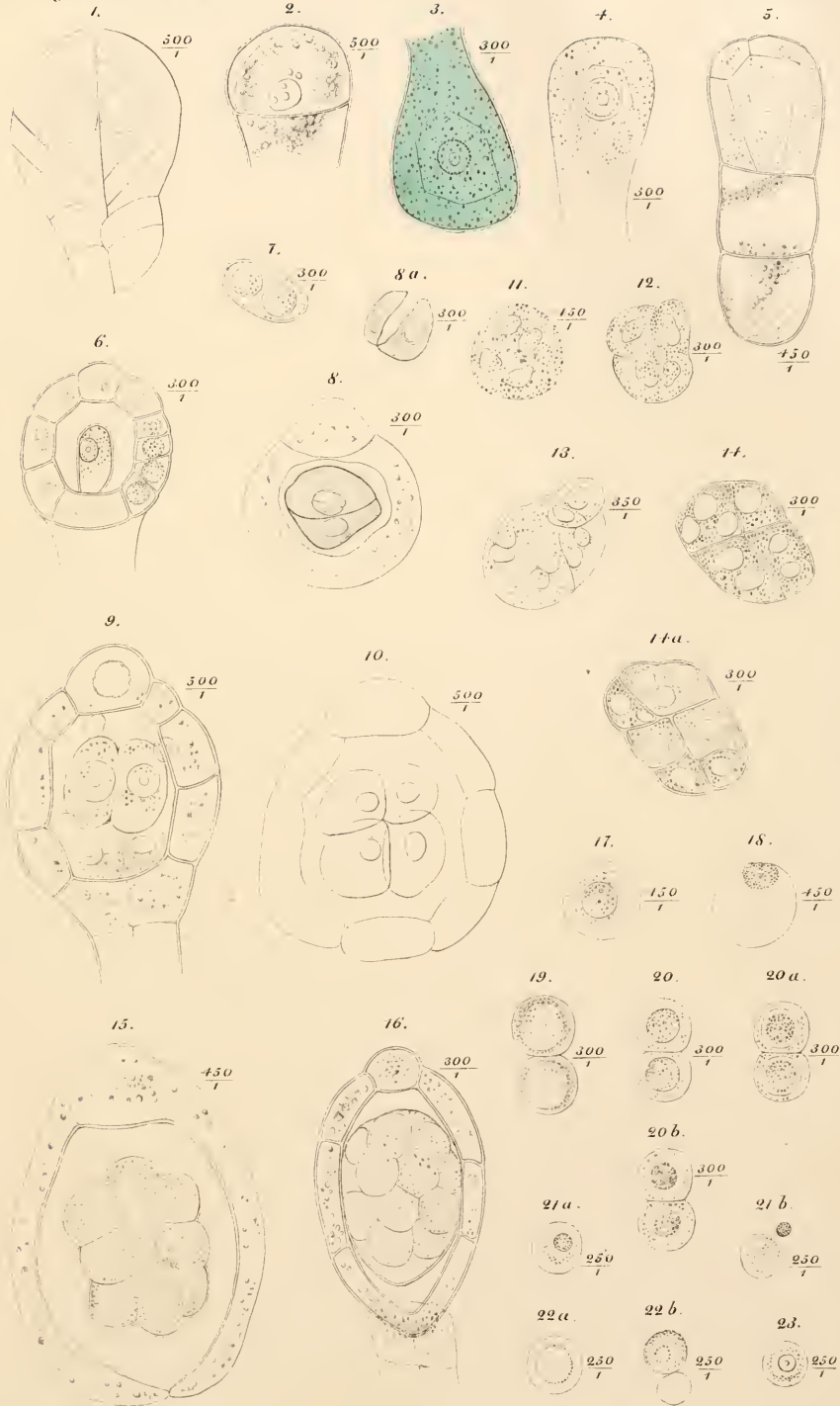
Fig. 37. Nach Anwendung von Jod tritt das Chlorophyll durch den Riss der Exine heraus (bei Zusatz von Schwefelsäure wird letzteres entfärbt und aufgelöst); im Innern deutlich die Contour der Intine zu sehen, sowie zwei zurückgebliebene Oeltropfen.

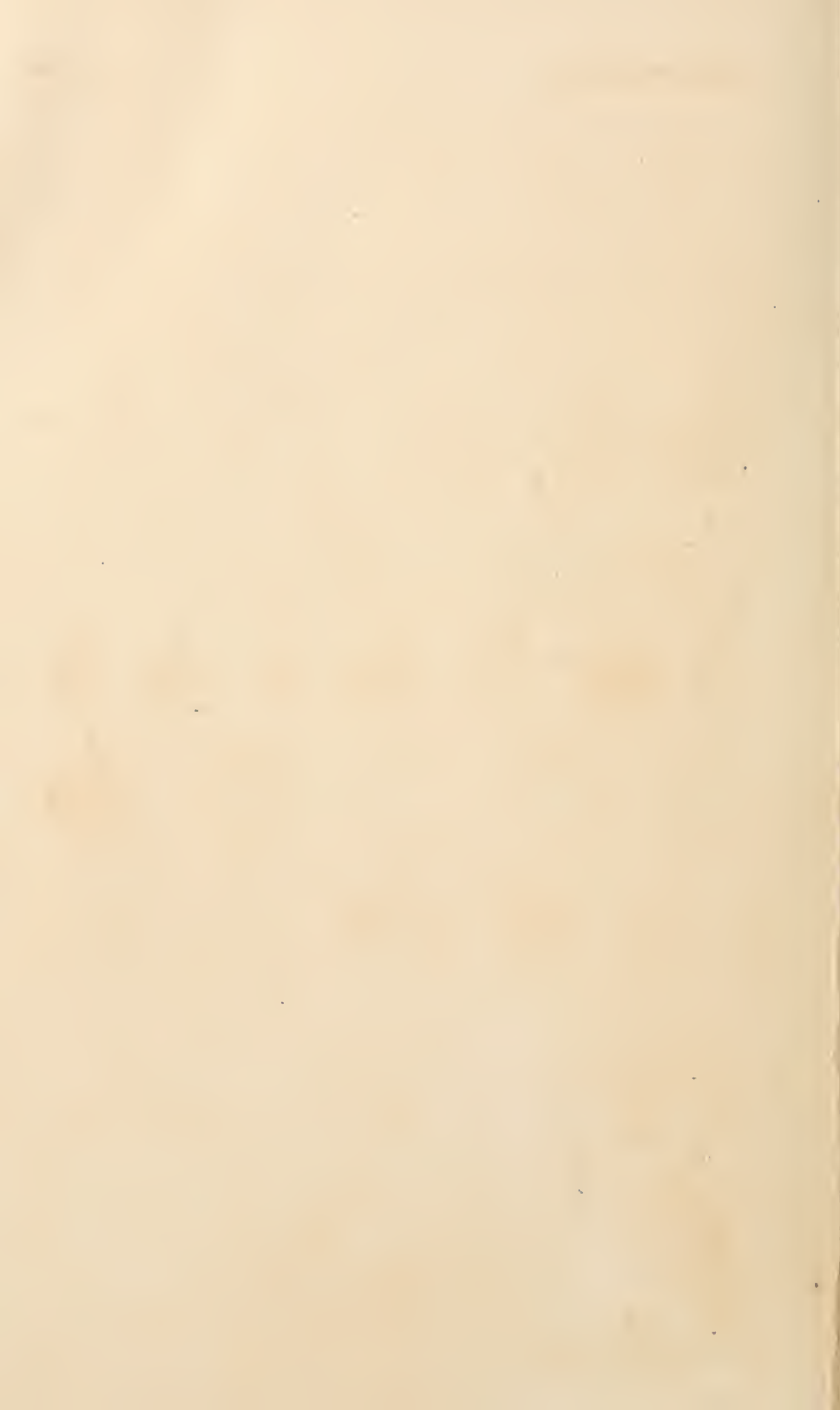
Fig. 38. Zarter Querschnitt durch die Spore: die Exine allein zurückgeblieben, welche nach Behandlung mit Schwefelsäure roth-orange gefärbt, aber ihre äussere Schicht und die Hervorragungen ungefärbt erscheinen.

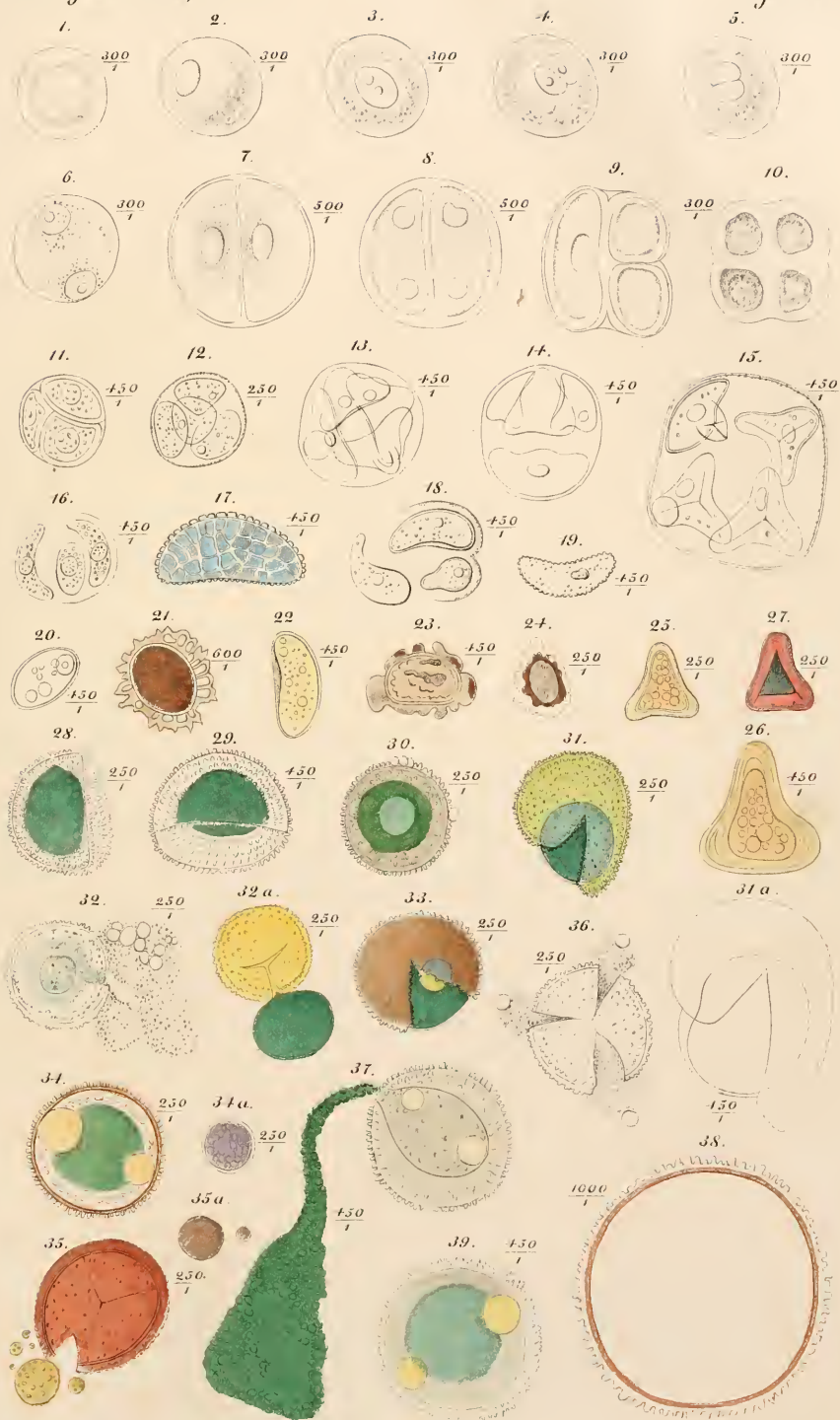
Fig. 39. Nach Anwendung von Essigsäure: Exine aufgequollen, Intine deutlich sichtbar; im Inhalte Chlorophyll und 2 Oeltropfen.











ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1865-1866

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Fischer von Waldheim A.

Artikel/Article: [Ueber die Entwicklung der Farnsporen. 349-382](#)