

# Entwicklungsgeschichte des Prothalliums von *Scolopendrium*.

Von

Dr. Günther Beck.

(Vorgelegt in der Versammlung am 4. December 1878).

(Mit Tafel I u. II.)

Da der Entwicklungsgeschichte des Vorkieimes von *Scolopendrium* nur wenig Aufmerksamkeit zugewendet worden war, stellte ich mir die Aufgabe, dieselbe möglichst genau zu erforschen und meine Untersuchungen ergaben, dass das Prothallium von *Scolopendrium* in vielen Punkten, besonders in Bezug auf die ersten Entwicklungsstadien sowie deren Bedingungen von jenem der Polypodiaceen abweiche.

## I. Die Spore.

Die Sporen von *Scolopendrium vulgare* Sym. (Taf. I, Fig. 1),<sup>1)</sup> welche im Mittel 0.026 Mm. Länge erreichen, besitzen ein tief braun gefärbtes, unregelmässig verdicktes Exosporium, an welchem man zwei Schichten wahrnehmen kann, eine äussere, welche die unregelmässig als Leisten, Höcker und Stacheln vorspringenden Verdickungen enthält und eine innere, weniger derbe, schwach braun gefärbte Hülle.<sup>2)</sup> Wie bei allen Farnkräutern ist auch das Endosporium von *Scolopendrium* ein zartes, sich an das Exosporium dicht anlegendes Häutchen. Trotzdem die Sporen in ihren Mutterzellen als echte Tetrasporen entstehen,<sup>3)</sup> zeigen dieselben dennoch keine so scharf ausgesprochene Kanten wie die anderer Polypodiaceen. Bei fortschreitender Quellung wird die Spore vollkommen kugelig und erst dann, wenn sie diese Form erreicht hat, tritt der Keimschlauch aus.

<sup>1)</sup> Eine Abbildung derselben gab auch Fischer v. Waldheim: Ueber die Entwicklungsgeschichte der Farnsporen; Jahrb. f. wiss. Bot. von Pringsheim, IV, Taf. XXVII, Fig. 20—21.

<sup>2)</sup> Eine derartige Schichtung des Exosporiums scheint bei den Polypodiaceen ziemlich allgemein vorzukommen, denn ich fand sie bei *Aspidium Lonchitis*, *A. filix mas* und anderen Arten. Luerssen (Zur Keimungsgeschichte der Osmundaceen in Schönk und Luerssen, Mittheil. aus der Botanik I. p. 462) wies diese auch bei *Todea barbara* Moore nach. Bei Letzterer aber besitzt die innere Schichte die dunklere Färbung.

<sup>3)</sup> Vergl. H. Schacht, Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Sporangiums wie der Sporen einiger Farnkräuter. Bot. Zeitg. 1849. p. 537.

Im Inhalte der Sporenzelle findet sich eine protoplasmatische, etwas körnige Grundmasse mit grossen, dickflüssigen Oeltropfen. (Taf. I, Fig. 20.) Das Protoplasma tritt jedoch bei manchen Sporen im Verhältnisse zu den Oeltropfen sehr stark zurück, so dass man bei flüchtiger Beobachtung glauben könnte, es wäre in der Spore bloss Oel oder Fett enthalten. Legt man Sporen in Kali, so wird die Exine sehr bald erweicht und der Sporenkern lässt sich mit unverletztem Endosporium leicht (durch Druck auf das Deckgläschen) herausquetschen. Man erhält sodann ein Bild von der Vertheilung des Oeles und des Protoplasmas, indem ersteres ungefärbt bleibt, letzteres aber sammt dem Endosporium durch die Einwirkung des Kali gelb gefärbt wird.

## II. Die Keimung und Bildung der Vorkeimzellreihe.

Wird die Spore günstigen Keimungsbedingungen ausgesetzt, so verliert die Exine ihre Festigkeit. Sie wird derart erweicht und gelockert, dass der Keimschlauch an jeder beliebigen Stelle durchbrechen kann. Oefters wird die äussere Schichte des Exosporiums abgestossen, während die innere den Sporenkern noch als zarte, durchsichtige Hülle umkleidet. (Taf. I, Fig. 5e.)<sup>1)</sup> Es wird also bei der Keimung von *Scolopendrium* das Exosporium nicht wie bei anderen Farnkräutern an den Kanten zerrissen, sondern durch den Quellungsact so weit vorbereitet, dass dem Durchbruche des Keimschlauches nichts entgegensteht. Es ist dieser Vorgang vielleicht auch mit dem in Zusammenhang zu bringen, dass die erste Haarwurzel<sup>2)</sup> nicht seitlich an der Sporenzelle entsteht und durch dieselbe Oeffnung der Exine wie der Vorkeim nach aussen tritt, sondern in der Regel diametral entgegengesetzt das Exosporium durchbricht.

Bei meiner ersten Sporenaussaat trat bei mittlerer Temperatur von 12° Cels. die Keimung erst in fünfzehn Tagen ein; bei höherer Temperatur wird die Quellungsdauer auf zwölf Tage herabgemindert. Sporen, auf Wasser schwimmend, keimten am schnellsten.

Eine Keimung erfolgt aber nur im Lichte. Während die Sporen, welche im Dunkel den Keimungsbedingungen ausgesetzt wurden, auch nach fünfzig Tagen noch keinen Keimschlauch entwickelt hatten, besaßen jene, welche im Tageslichte aufgezogen wurden, schon kräftige Prothallien. Eine Keimung findet daher im Dunkel nicht statt, aber die Sporen verlieren ihre Keimfähigkeit nur allmählig. Einzelne Sporen, welche zweiundzwanzig Tage den Keimungsbedingungen im Dunkel ausgesetzt waren, entwickelten aber erst nach achtzehntägiger Einwirkung des Lichtes, normale Keimschläuche und wuchsen zu kräftigen Prothallien heran, ja selbst solche, welche drei Monate

<sup>1)</sup> Noch deutlicher ist diese Trennung der Exosporiumsschichten an Keimlingen von *Aspidium Lonchitis* ausgeprägt.

<sup>2)</sup> Zur Rechtfertigung dieses Ausdruckes als eines mit „Rhizoid“ oder „Wurzelhaar“ äquivalenten, verweise ich auf die Arbeit Banke's (*Entwicklungsgeschichte des Prothalliums bei den Cyatheaceen*. Jahrb. f. wiss. Bot. von Pringsheim. X, 1876.) p. 56. Anmerkung.

im Dunkel den Keimungsbedingungen unterworfen wurden, brachten im Lichte noch Prothallien hervor, welche aber meistens unregelmässige Formen aufwiesen.

Da die Ansichten in Bezug auf die Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer Keimung von Farnsporen im Dunkel vielfach divergiren, ja sogar den Sporen von *Aspidium filix mas* und *Osmunda regalis* eine Keimung wie die Unmöglichkeit einer solchen im Dunkel zugesprochen wird,<sup>1)</sup> untersuchte ich auch die Sporen anderer Farnarten<sup>2)</sup> bezüglich dieses Punktes und kam zu dem Resultate, dass eine Keimung der Sporen in vollkommenem Dunkel nicht eintritt. Es scheint daher nicht unwahrscheinlich, dass diese Thatsache nur für solche Sporen zutrefte, welche blos Oel und kein Chlorophyll enthalten, dass aber eine Keimung von Sporen, welche entweder schon Chlorophyll besitzen (*Osmunda*) oder in denen die Umwandlung der Reservestoffe schon bis zur Chlorophyllbildung vorgeschritten ist, immerhin möglich sei.<sup>3)</sup>

Den Eintritt der Keimung kennzeichnet die Bildung einer Ausstülpung an dem Endosporium, welche die Anlage der ersten Haarwurzel repräsentirt (Taf. I, Fig. 3h). Während sich die erste Haarwurzel bedeutend in die Länge streckt, entwickelt sich meist am conträren Ende der Spore eine schon in der Anlage breitere und durch den Besitz von Chlorophyllkörnern ausgezeichnete Ausstülpung, die Anlage des Vorkeims (Taf. I, Fig. 3 und 4v).

Der Zeitpunkt des Hervorbrechens der ersten Haarwurzel ist also bei *Scolopendrium* knapp vor der Entwicklung des Vorkeimes. Hofmeister<sup>4)</sup> bemerkte, dass nach etwa der fünften oder sechsten Theilung der Scheitelzelle des jungen Keimpflänzchens durch Querwände sich die Scheitelzelle durch eine Längswand theile, und ungefähr um dieselbe Zeit die erste Haarwurzel des Prothalliums als Ausstülpung der untersten oder nächsten Zelle entstände. Auch Wigand<sup>5)</sup> fehlte, wenn er die Wahrscheinlichkeit seiner Annahme, dass die erste Haarwurzel an der bereits aus der Spore herausgetretenen ersten Zelle entspringe, für die meisten Farne in Aussicht stellte. Leszczysc-Sumiński's<sup>6)</sup> und Mercklin's<sup>7)</sup> Untersuchungen stimmen mit meiner an *Scolopendrium* voll-

<sup>1)</sup> A. Schelting, Einige Fragen betreffend die Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter-vorkeime. Schrift. d. k. neuruss. Univ. in Odessa, XVII, 1875. — P. Schmidt, Ueber einige Wirkungen des Lichtes auf Pflanzen; Inauguraldiss., Breslau, 1870, p. 20 und p. 21, Anmerkung. — Dr. L. Kny, Entwicklung des Vorkeimes von *Osmunda regalis*. Jahrb. f. wiss. Bot. von Pringsheim; VIII. 1872, p. 4.

<sup>2)</sup> *Polypodium vulgare*, *P. Dryopteris*; *Aspidium filix mas*; *A. Lonchitis*; *Pteris quadriaurita*; *Asplenium Belangeri*.

<sup>3)</sup> Es ist hiebei zu bedenken, das eingesammelte Sporen oft schon (wie z. B. in Glashäusern oder an älteren Wedeln nahe dem Erdboden) die Umwandlung der Reservestoffe durchgemacht haben und im Inhalte Chlorophyll besitzen. Solche Sporen können im Dunkel keimen und leicht den Gedanken erregen, dass eine Keimung im Dunkel stattfinde.

<sup>4)</sup> Vergleichende Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung höherer Kryptogamen; Leipzig, 1851, p. 78.

<sup>5)</sup> Wigand, Botanische Untersuchungen; Braunschweig, 1854, p. 34.

<sup>6)</sup> Leszczysc-Sumiński, Zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter; Berlin, 1848, p. 8.

<sup>7)</sup> l. c. p. 6 und 7.

fürhten Beobachtung überein, dass zuerst die Haarwurzel hervortrete und dann erst der Vorkeim. *Scolopendrium* weicht jedoch auch darin ab, dass die erste Haarwurzel meistens nicht seitlich an der Sporenzelle, sondern in der Längsrichtung, der Ausbauchung des Vorkeimes gerade gegenüber, hervorbricht.<sup>1)</sup> Da dieselbe an der Exine kein Hinderniss findet, kann sie auch leicht an dieser Stelle das Exosporium durchbrechen, während bei anderen Farnen das derbe Exosporium Widerstand leistet und den Austritt der Haarwurzel nur an der Berstungsstelle gestattet. Ich fand bei der vergleichenden Untersuchung, dass die Polypodiaceen überhaupt im Zeitpunkte und in der Art der Anlage der ersten Haarwurzel sehr viele specielle Eigenthümlichkeiten aufweisen. Bei den meisten Arten entsteht die erste Haarwurzel entweder zugleich mit dem Vorkeime oder etwas später. Bei *Polypodium vulgare* bildet sich dieselbe als seitliche Ausstülpung der Basalzelle, nachdem schon eine Scheitelzelle abgegliedert wurde, bei *Polypodium Dryopteris*, *Pteris quadriaurita* und bei *Aspidium filix mas*<sup>2)</sup> ebenfalls seitlich an der meist schlauchförmig verlängerten Sporenzelle, während *Aspidium Lonchitis* öfters ähnliche Verhältnisse wie *Scolopendrium* darbietet, indem das Haarwürzelchen oft schon die Länge von 0·03 Mm. erreicht hat und erst dann am entgegengesetzten Ende der Spore der Chlorophyll führende Vorkeim hervorbricht.

Das rasche Längenwachsthum der ersten Haarwurzel, welche sich gleich anfangs durch eine Querwand von der Sporenzelle abtrennt, steht jedoch bald scheinbar still, indem die Zelle vor dem Durchbruche des Vorkeimes höchstens eine Länge von 0·05 Mm. erreicht und hernach nur langsam weiterwächst. Erst in späteren Stadien des Vorkeimes, wenn bereits das Flächenwachsthum begonnen hat, findet man in einigen Haarwurzeln kleine Chlorophyllkörner, während bei den Osmundaceen<sup>3)</sup> schon die erste Haarwurzel reichlich Chlorophyll enthält. Auch das braungefärbte erste Haarwürzelchen von *Polypodium vulgare* zeigt ebenfalls kleinere Chlorophyllkörner im Inhalte. Die kräftig heranwachsende Basalzelle des Vorkeimes überflügelt die Haarwurzel bald im Längenwachsthum. Sie streckt sich, trennt sich jedoch nicht alsbald durch eine Scheidewand in eine Scheitel- und Basalzelle, sondern die erste Querwand wird erst gebildet, wenn die schlauchartig verlängerte Sporenzelle eine ziemliche Länge (oft erst von 0·19 Mm.) erreicht hat. (Taf. I, Fig. 6.) Es zeigt also *Scolopendrium* auch in dieser Hinsicht von den Polypodiaceen abweichende Verhältnisse, da nach Pedersen<sup>4)</sup> das Endosporium von *Aspidium filix mas* sich unmittelbar nach Sprengung des Exosporiums in eine Scheitel- und Basalzelle theilt, und Hofmeister<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> Dasselbe Richtungsverhältniss der ersten Haarwurzel fand Kny (l. c. p. 4 und 21) für *Osmunda regalis* und hebt dieses Merkmal des Vorkeimes von *Osmunda* besonders gegen jenen der Polypodiaceen hervor.

<sup>2)</sup> Man vergleiche auch: Wigand l. c. p. 34 und Pedersen, Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Vorkeimes der Polypodiaceen. Mitth. aus der Bot. von Schenk und Luerssen; II, 1. Heft, p. 135.

<sup>3)</sup> Kny l. c. p. 4.

<sup>4)</sup> l. c. p. 134.

<sup>5)</sup> l. c. p. 78 und Taf. XVII, Fig. 25.

erwähnt, dass bei den Polypodiaceen nach Berstung des Exosporiums der aus dem Spalte der äusseren Sporenhaut hervorragende Theil der primären Sporenzelle von dem innerhalb derselben verbleibenden durch eine Querwand abgetrennt sei. Aber nicht nur bei *Scolopendrium* sondern auch an den Prothallien von *Polypodium Dryopteris*, *Aspidium filix mas* und *A. Lonchitis* fand ich, dass die erste Querwand des Vorkeimzellastrangs erst spät, wenn die primäre Sporenzelle schlauchartig ausgewachsen ist und immer im obersten Theile derselben entstehe. Für *Polypodium vulgare* bestätige ich jedoch die Angaben Hofmeister's vollkommen. Nach der Abgliederung der Scheitelzelle hört jedoch bei *Scolopendrium* das Längenwachsthum der Basalzelle nicht auf; sie besitzt die Fähigkeit sich noch um das Doppelte ihrer früheren Länge zu strecken, ohne jedoch derartige Längendimensionen wie die Basalzellen bei *Asplenium*-Vorkieimen<sup>1)</sup> anzunehmen. Durch wiederholte Bildung von Querwänden in der Apicalzelle, in welcher die Hauptmenge der Chlorophyllkörner sich ansammelt, wird ein Faden von sechs bis sieben Gliederzellen erzeugt, welcher durch nachträgliche Streckung der Zellen eine ziemliche Länge erreicht. Eine weitere Theilung der Segmentzellen durch Querwände findet in dieser Wachstumsperiode des Prothalliums nicht statt.

Wie ich oben erwähnte, ist in der gereiften Spore kein Amylum als Inhaltsstoff aufzufinden. Trotzdem sind in der Anlage des Vorkieimes Chlorophyllkörner herangebildet. Es sind dies Stärkekörner mit dünner, chlorophyllhaltiger Plasmahülle umgeben. Bald hernach bilden sich schon echte, assimilirende Körner, welche sich sehr lebhaft theilen. Durch die stete Aufeinanderfolge der Theilungen reihen sich die Chlorophyllkörner kettenförmig aneinander und durchziehen nach verschiedenen Richtungen, öfters auch schraubig, den Plasmasträngen folgend, das Lumen der Zellen. Die noch in der Sporenzelle übrig gebliebenen Oeltropfen treten in den Stoffwechsel ein, sie werden immer kleiner und wenn die Scheitelzelle abgegliedert ist, findet man höchstens einige Tröpfchen von der Grösse eines Chlorophyllkornes, die dann vollständig aufgebraucht werden.

Hat sich ein mehrzelliger Faden entwickelt, so bilden sich neue Haarwurzeln oft an allen Zellen des Fadens. Da jedoch deren Entwicklung von sehr vielen Bedingnissen abhängig ist, finden sich zahlreiche Unregelmässigkeiten. Sehr oft bildet sich die zweite Haarwurzel im unteren Theile der Basalzelle (Taf. I, Fig. 27) und die folgenden der Reihe nach an den Zellen des Fadens, manchmal eine oder mehrere Zellen überspringend. Die später sich bildenden Haarwurzeln zeigen meistens ein schnelleres Längenwachsthum als die aus der Sporenzelle entspringenden, weswegen man nicht selten solche antrifft, welche die Länge des Vorkeimzellastrangs weit überreichen. Mehrmals beobachtete ich zweizellige Haarwurzeln, welche im unteren Theile die Scheidewand besaßen oder gabelförmig zertheilt waren. (Taf. I, Fig. 27.) Einzellige, gabelige Formen dürften wahrscheinlich dadurch entstanden sein, dass zwei nahe aneinander stehende Haarwurzelanlagen sich emporhoben, beide jedoch ihr

<sup>1)</sup> Hofmeister l. c. Taf. XVII, Fig. 17.

Spitzenwachstum beibehielten. (Fig. 27.) Zweizellige<sup>1)</sup> sowie verästelte Haarwurzeln, die am Vorkeime von *Scolopendrium* nur als abnorme Bildungen anzusehen sind, finden sich auch bei *Aspidium filix mas* und sehr häufig auf jugendlichen Vorkeimen von *Aspidium Lonchitis*. Meistens ist es bei dieser Art die zweite Haarwurzel, welche ebenfalls aus der Basalzelle entspringt und gabelig verästelte, ein- oder zweizellige Formen aufweist. Da die Haarwurzeln vermöge ihrer zarten Constitution sehr viel von Wachsthumshindernissen irritirt werden, ist es erklärlich, dass man so häufig Krümmungen und abnorme, papillöse Ausbauchungen besonders an der Spitze (Fig. 27) bei denselben vorfindet. — Aber auch viele Vorkeime bilden sich theils durch die gegenseitige Beengung im Sporangium, theils durch äussere Wachsthumshindernisse (Lichtmangel, Trockenheit) zu abnormen Formen heran. In seltenen Fällen zeigt die Scheitelzelle echte Dichotomie, indem zwei gleich starke und später sich gleichmässig weiter entwickelnde Aeste angelegt werden. (Taf. I, Fig. 24—25.) Häufiger tritt eine Verästelung in der Weise ein, dass eine der Gliederzellen in ihrem unteren Theile, seltener die Basalzelle,<sup>2)</sup> eine Ausbauchung bildet, welche sich vergrössert und durch eine Scheidewand als Scheitelzelle eines Astes abtrennt. (Fig. 23 und 26.) Durch diese Zweigbildung wird meistens auch die Richtung des oberen Theiles vom Zellfaden verändert und man hat dann Gelegenheit *t*- oder hakenförmig geknickte Prothallien zu beobachten. (Fig. 22.) Die Aeste gliedern in der späteren Entwicklung zwei bis sechs Zellen ab und nur ausnahmsweise fand ich bei denselben auch Flächenwachsthum. Es tritt also eine Verästelung des Vorkeimzellfadens auch am Prothallium von *Scolopendrium* wie an jenem von *Aspidium filix mas*<sup>3)</sup> auf, ist jedoch für beide Arten nur als ein abnormes Vorkommen zu bezeichnen.<sup>4)</sup>

### III. Entwicklung der Vorkeimzellfläche.

Nach Bildung der fünften bis achten Segmentzelle der Vorkeimzellreihe, bemerkt man, dass die zuletzt gebildeten Zellen sich nicht mehr in die Länge strecken, sondern in die Breite wachsen, so dass letztere besonders in den der Scheitelzelle nächsten Zellen die Länge öfters doppelt ja dreifach überwiegt. (Taf. I, Fig. 8.) Meistens wird nun das Flächenwachsthum angebahnt durch eine Zellwand, welche die der Scheitelzelle zunächst liegende Segmentzelle nach der Axenrichtung des Prothalliums halbirt. (Taf. I, Fig. 10.) Zuweilen findet man derartige Scheidewände auch in älteren Gliederzellen, so dass der Faden gleichsam in zwei Hälften getheilt erscheint. Ausnahmsweise bemerkte ich eine Längstheilung auch in einer der Basalzelle zunächst liegenden, bauchig aufgetriebenen Gliederzelle. Wenngleich auch die Längstheilung der an die

1) Bauke (l. c. p. 64) fand derartige Haarwurzeln auch bei *Cyathea medullaris*.

2) Vergl. Luerssen: Medic. pharm. Botanik. 1878. p. 536.

3) Pedersen l. c. p. 136; Luerssen, Med. pharm. Botanik. p. 536.

4) Wie für die Polypodiaceen ist auch eine Verästelung des Vorkeimes von *Hemitelia spectabilis* (Bauke l. c. Taf. VII, Fig. 16) nur eine unregelmässige Erscheinung.

Scheitelzelle sich anschliessenden Segmentzelle sehr häufig zu finden ist, tritt doch manchmal der Fall ein, dass die Scheitelzelle sich durch eine geneigte Scheidewand zu theilen beginnt, bevor noch eine Längstheilung der Segmentzelle eingetreten ist. Zu den Ausnahmefällen gehört es immer, wenn eine Gliederzelle einen anderen Theilungsmodus annimmt. Figur 9 gibt das Bild eines abnormen Falles, wo zwei der Scheitelzelle zunächst liegende Segmentzellen sich durch intercalare Querwände getheilt hatten. Die Segmentzellen zeigen aber auch noch einen dritten Theilungsmodus, nämlich den durch tangentielle Wände. (Taf. I, Fig. 11—13.) Die Art der Abtrennung der Tochterzelle bei derartigen Wandbildungen scheint wohl nicht derart zu sein, um nur eine Verrückung einer Längswand anzunehmen, da ferner auch derartige Zelltheilungen in späteren Stadien des Prothalliums sich zahlreich wiederholen. — Es können also die Segmentzellen, bevor noch die Scheitelzelle das eigentliche Flächenwachsthum beginnt, auf dreifache Weise zur Vermehrung der Zellen beitragen, indem sie sich entweder durch Längs- oder durch Tangential-, ausnahmsweise durch Querwände theilen.

Das eigentliche Flächenwachsthum des Vorgekeimes beginnt mit einem neuen Theilungsmodus der Scheitelzelle, indem letztere nicht mehr durch Querwände sondern durch abwechselnd geneigte Scheidewände Segmentzellen abgliedert. Aber noch während der Productionsfähigkeit der Apicalzelle, wächst das Prothallium vornehmlich durch Randzellen in die Breite, bis endlich, oft erst sehr spät die Scheitelzelle durch eine Querwand, d. h. durch die Bildung einer Marginal- und einer Innenzelle ihre Zelltheilungen einstellt, worauf das Wachsthum des Prothalliums ausschliesslich durch Quertheilung der terminalen Randzellen wie durch mehrfache und verschiedenartige Theilung der Innenzellen erfolgt. Je mehr das Prothallium in der Entwicklung vorwärts schreitet und die so charakteristische Herzform annimmt, desto schwieriger wird es den ursprünglichen Theilungsmodus der Scheitelzelle ausfindig zu machen. Schon in jüngeren Stadien der Vorgekeimzelle (Taf. I, Fig. 12—21) bietet die Deutung der Zellfolge vielerlei Auflösungen und nur in nächster Nähe der Scheitelzelle kann man das Wachsthum der Apicalzelle wie das der Segmentzellen verfolgen. Da jedoch das Flächenwachsthum des Vorgekeimes minder interessante Details bietet, beschränke ich mich, nur einiges Bemerkenswerthes hervorzuheben. — Jenachdem die erste geneigte Scheidewand der Apicalzelle (Taf. I, Fig. 12—21 *bb*), noch die Basalwand (*aa*) trifft oder nicht, wird sowohl die Form der abgetrennten Gliederzellen als auch die Gestalt des Prothalliums verändert. (Man vergleiche die Figuren 17 und 18 sowie die Figuren 19 und 20.) Auch bei *Scolopendrium* finden sich Prothallien (z. B. das in Figur 19 dargestellte), an welchen man, wie es Pedersen für *Aspidium filix mas* zeigte, eine Theilung der Scheitelzelle durch zwei aufeinander folgende, parallele, geneigte Scheidewände nicht mit Unrecht annehmen könnte.<sup>1)</sup> Ist eine Segmentzelle von der Scheitelzelle abgegliedert, so streckt sie sich gewöhnlich

<sup>1)</sup> l. c. p. 138 und Taf. VIII, Fig. 11.

in die Länge und theilt sich durch eine Querwand in eine Rand- und in eine Innenzelle. Erstere nimmt alsogleich ein kräftigeres Wachstum an, theilt sich wiederholt und rasch nacheinander durch Querwände. Auf diese Weise wird die Scheitelzelle bald von den kräftig wachsenden Seitenlappen des Prothalliums überflügelt. Noch sei bemerkt, dass durch dichte Sporenaussaaten schlankere, mehr fadenförmige Prothallien erzeugt werden und dass sich die symmetrisch herzförmigen Prothallien mehr bei spärlicher Aussaat von Sporen herantreiben. Unregelmässig gelappte oder durch Adventivsprosse verzweigte Prothallien sind gerade keine Seltenheit.

#### IV. Entwicklung und Bau der Antheridien.

Der Zeitpunkt des Hervorbrechens der Antheridien am Vorkerne von *Scolopendrium* ist sehr verschieden. Gewöhnlich entstehen die Antheridien zwei bis drei Monate nach der Sporenaussaat, bei Aussaaten im Herbst aber erst im nächsten Frühjahr. (Beiläufig nach sechs Monaten, wobei dieselben in einem nicht überheizten Zimmer überwinterten.) Sie finden sich auf der beschatteten, unteren Seite der Prothalliumsplatte oder am Rande nicht selten schon bei Anfang des Flächenwachstumes. Das Vorkommen derselben am Rande des Vorkernes ist jedoch so untergeordnet, dass ich auf keinem Falle der Ansicht Wigand's<sup>1)</sup> beitreten kann, dass die Spiralfadenorgane aus dem Rande des Vorkernes oder wenigstens in der Nähe desselben erzeugt werden. Aber auch an sechs bis achtzelligen, noch fadenförmigen Prothallien fand ich mehrmals einige vollkommen ausgebildete Antheridien.<sup>2)</sup> Die Anlage eines Antheridiums (Taf. II, Fig. 28 a) ist kaum von der einer Haarwurzel verschieden. Da jedoch die Papillen der Antheridien in grosser Zahl öfters sogar an allen Zellen des Vorkernes entstehen und stets abgerundete Scheitel besitzen, erhält man bald ein unterscheidendes Merkmal, um diese Papillen von jenen der Haarwurzeln und der in diesem Stadium des Vorkernes auftretenden Drüsenhaare (Taf. II, Fig. 37 b und c) zu sondern. Die halbkugelige, gewöhnlich etwas Chlorophyll enthaltende Papille des Antheridiums gliedert sich bald durch eine Querwand von der Mutterzelle ab. (Fig. 28 a—b.) Durch eine trichterförmige Zellwand wird die untere, annulare Wandzelle (Fig. 28 c—e, I) gebildet. Hernach scheint nicht eine glockenförmige Membran die Centralzelle abzuschliessen, sondern sich zuerst die kreisrunde Deckelzelle (II) abzugliedern und dann eine annulare Wand sowohl die Centralzelle (IV) vollständig zu umhüllen als zugleich die obere Wandzelle (III) zu erzeugen. Ist die Centralzelle vollständig umhüllt, so zerfällt deren Inhalt durch wiederholte Zweitheilung (Fig. 28 e) in 40—50

<sup>1)</sup> A. Wigand, Botan. Untersuchungen p. 43.

<sup>2)</sup> Ein so frühes Auftreten von Antheridien erwähnt sowohl M. Cornu von *Nephrodium filix mas* in seiner Notiz: „observ. des prothalles, en voie de développement adhérent encore à leur spore, qui présentaient néanmoins déjà une anthéridie bien constituée“ Bull. de la Soc. bot. de France XXI, p. 161 als auch Schacht in seinem Beitrage zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter; Linnaea 1849, p. 758 und Taf. V, Fig. 1—3, ferner Wigand l. c. p. 42 von *Blechnum Spicant* und Lueresen, Medic. pharm. Botanik, p. 539.

Spermatozoidenmutterzellen, welche sich durch gegenseitigen Druck polyedrisch abplatteten. Die Entleerung der Spermatozoidenmutterzellen aus dem Antheridium wird wie bei anderen Farnkräutern durch den Druck der durch Wasseraufnahme bedeutend an Volumen gewinnenden Wandzellen bewirkt. (Taf. I, Fig. 29.) In Folge dieses Druckes zerreißt die Deckelzelle und die Spermatozoidenmutterzellen werden meist stoss- oder ruckweise ins Freie gepresst. Nach einigen Secunden platzen letztere und die Spermatozoiden eilen, wenn ihnen das nöthige Medium (Wasser) gegeben wird, in sehr rascher, schraubenförmiger Bewegung davon. Die Spermatozoiden (Fig. 29) besitzen drei bis fünf Windungen, von denen die drei oberen, zugleich feineren, sich dichter aneinander legen. Am Aussenrande derselben finden sich zahlreiche, ziemlich lange und feine Wimpern. Das dickere, hintere Ende der Samenfäden ist nur mässig angeschwollen, dabei bandförmig abgeplattet und etwas zugespitzt und legt sich nicht selten um ein hyalines, klebriges Bläschen herum, in welchem kleine, helle Körperchen mit lebhafter Bewegung sich vorfinden. Die meisten Spermatozoiden werfen dieses ihre Bewegung sehr hindernde Bläschen schon bei ihrer Entrollung aus der Mutterzelle ab oder schleppen nur einige Reste desselben mit sich fort. Die lebhaft schraubende Bewegung der Spermatozoiden dauert nicht lange, sie zählt nur nach Minuten. Nach einer halben Stunde sieht man höchst selten noch Spermatozoiden lebhaft herumtummeln, wobei zu bedenken ist, dass das Oeffnen der Antheridien und das Platzen der Spermatozoidenmutterzellen nicht alsogleich und nicht auf einmal bei Einwirkung von Wasser vor sich geht. Die Wimperbewegung beginnt und beschliesst die Bewegung der Spiralfäden.

Kurze Zeit nach der Epoche machenden Entdeckung Leszczysc-Sumiński's unterzog Thuret<sup>1)</sup> im Jahre 1849 die Antheridien von *Scolopendrium* (und *Pteris*) einer eingehenderen Untersuchung. Schon damals erkannte dieser bekannte Forscher den Bau der Antheridien von *Scolopendrium* und fügte seiner Untersuchung meisterhafte Zeichnungen hinzu.<sup>2)</sup> Thuret's Untersuchung kann ich nur in dem Punkte verbessern, dass er die unterste Zelle der Antheridie, die er als „Stielzelle“ erklärte, durch eine der Basalwand parallele Scheidewand gebildet, betrachtete, in welche sich nur manchmal die Centralzelle einsenke,<sup>3)</sup> während dieselbe durch eine trichterförmige Wand in der Antheridie abgegliedert wird. Auch die Spermatozoiden besitzen nach meiner Beobachtung mehr Schraubengänge, als sie Thuret in seinen Zeichnungen<sup>4)</sup> wiedergab. Thuret<sup>3)</sup> wie Wigand<sup>5)</sup> entging es nicht, wie ich es in seltenen Fällen beobachtete, dass auch bei *Scolopendrium* einzellige Antheridien vorkämen, die unmittelbar zu Urmutterzellen der Spermatozoiden werden. Vergleicht man die Antheridien von *Scolopendrium* mit denen anderer Poly-

1) M. G. Thuret, Note sur les anthéridies des fougères. Ann. des scienc. nat. III. Sér. Bot. XI, p. 5.

2) l. c. Taf. 2 und 3.

3) l. c. p. 7.

4) l. c. Taf. 2, Fig. 2.

5) Botan. Untersuchungen; 1854; p. 45; Taf. II, Fig. 22 b.

podiaceen, so fällt die Aehnlichkeit derselben mit jenen von *Pteris aquilina*<sup>1)</sup> und *P. serrulata*<sup>2)</sup> ins Auge. Nach Strasburger „theilt sich die junge Antheridie, nachdem sie durch eine Basalwand zur selbstständigen Zelle geworden, durch eine trichterförmige Scheidewand, auf welche sich hernach eine glockenförmige aufsetzt und so die Centralzelle abschliesst. Die Deckelzelle entsteht sodann durch kreisförmige Theilung am Scheitel der glockenförmigen Zelle, wodurch selbe in die obere annulare Wandzelle und in die Deckelzelle zerfällt.“<sup>3)</sup> Die Gestalt der Deckelzelle bei *Scolopendrium* scheint jedoch nicht derart zu sein, um einen gleichen Theilungsvorgang der Antheridie anzunehmen. Es dürfte viel mehr nach meiner Beobachtung die kreisrunde Deckelzelle sich zuerst abgliedern und dann erst durch eine annulare Wand die Centralzelle des Antheridiums geschlossen werden. Oefters glaubte ich eine glockenförmige Zellwand gefunden zu haben, doch war es nur Täuschung, indem bei schiefer Stellung der Antheridie die Begrenzung der trichterförmigen Zellwand von der Unterseite des Antheridiums durchschimmerte. In solchen Entwicklungsstadien, wo die Centralzelle noch gar nicht angedeutet war, konnte ich bei Einwirkung von Kali und Salzsäure die Deckelzelle scharf markirt unterscheiden, suchte jedoch vergebens nach der inneren Membran der oberen, annularen Wandzelle, welche ja durch die glockenförmige Membran gebildet wird und nach der Ansicht Strasburger's früher entstanden sein sollte. In allen anderen Punkten stimmen meine Untersuchungen mit jenen Strasburger's überein. Auch halte ich es nicht für nöthig, die Irrthümer älterer Forscher in Bezug auf den Bau und die Entwicklung der Antheridien an dieser Stelle zu behandeln, da dieselben ohnehin mehrfach und gründlich widerlegt wurden.

Ich will an dieser Stelle einige Bemerkungen über die Trichomgebilde des Prothalliums von *Scolopendrium* einschalten. Wigand<sup>4)</sup> und Bauke<sup>5)</sup> behaupteten, dass Borstenhaare für die Prothallien der Cyatheaceen charakteristisch seien. Dieselben kommen jedoch auch auf den Vorkeimen von *Scolopendrium* vor. Hier sind sie jedoch verschieden gestaltet. Der Zellkörper von pyramidalen oder Keilform, manchmal nur die Zellfläche, endigt wie bei den Cyatheaceen<sup>6)</sup> mit einer etwas zugespitzten Zelle und führt im Zelllumen Chlorophyllkörner in gleichmässiger Vertheilung. (Taf. II, Fig. 37 f—h.) Ausserdem kommen noch zahlreiche fadenförmige Trichome vor, welche theils Drüsen tragen, theils in eine Spitze auslaufen. (Taf. I, Fig. 37 a—e.)

<sup>1)</sup> Thuret l. c. Taf. 4 und 5.

<sup>2)</sup> Die Sexualorgane von *Pteris serrulata* waren Gegenstand vielfacher, theilweise sehr widerstreitender Discussionen. Am klarsten und mit richtigen Forscherblicken, dürften dieselben wohl E. Strasburger (die Befruchtung bei den Farnkräutern in Pringsheim Jahrb. f. wiss. Bot. VII. p. 392—394) und H. Schacht (Beitrag zur Entwicklungsgesch. der Farnkräuter; Linnaea 1849) behandelt haben. Ausserdem untersuchten dieselben Leszczyc-Sumiński, Mercklin, Farlow u. A.

<sup>3)</sup> l. c. p. 392 und 393. Taf. XXV, Fig. 1—2.

<sup>4)</sup> Botanische Untersuchungen p. 38.

<sup>5)</sup> l. c. 65.

<sup>6)</sup> Bauke l. c. Taf. IX, Fig. 5.

## V. Entwicklung und Bau der Archegonien.

Die Prothallien von *Scolopendrium* zeigen in der Vertheilung der Sexualorgane wie manche andere Farne diöcische Verhältnisse. Die Archegonien tragenden Vorkerne entstehen gewöhnlich später als die Antheridien tragenden und zeichnen sich vor letzteren durch die Grösse sowie durch die Armuth an Antheridien aus, während die Antheridien erzeugenden Vorkerne dicht mit denselben bedeckt sind und nur in späteren Wachstumsstadien manchmal Archegonien erzeugen.

Wie die Antheridien entstehen auch die Archegonien auf der Schatten- (Unter-) Seite des Prothalliums, schon sehr früh, wenn das Zellpolster erst aus zwei Zelllagen besteht und bilden sich gegen die Scheitelzelle oder bei nicht mehr vegetationsfähiger Apicalzelle gegen die Einbuchtung des Vorkernes neu heran. Hat das Zellpolster eine Dicke von fünf bis sechs Zelllagen erreicht, so entstehen sie ziemlich zahlreich, ohne jedoch zweireihig geordnet zu sein. Sie bilden concentrische Kreise um die Scheitelzelle, wobei der kleinste Kreis die jüngsten Entwicklungsstadien von Archegonien, der grösste meistens nur abortirte, braun gefärbte Archegonien aufweist. Da ich mich während meiner genauen Untersuchung der Archegonien überzeugte, dass dieselben bei *Scolopendrium* in allen, hauptsächlichen Punkten mit jenen anderer Polypodiaceen übereinstimmen und ich die Ergebnisse der bekannten Arbeit Strasburger's nur zu wiederholen bemüssigt wäre, unterlasse ich es, die Entwicklungsgeschichte und den Bau der Archegonien von *Scolopendrium* zu schildern und verweise auf die meiner Arbeit beigegebene Tafel II, auf welcher ich dieselben in mehreren Entwicklungsstadien darstellte.

## VI. Einige Bemerkungen über den Befruchtungsact.

Der Befruchtungsact bei den Farnkräutern im engeren Sinne wurde bekannter Massen in ausgezeichneter Weise von Strasburger, Kny, Hofmeister und Bauke klar gelegt. Meine Beobachtungen über diesen Gegenstand bestätigten auch am Prothallium von *Scolopendrium* die genauen Angaben vorhergenannter Forscher. Leider bietet der Vorkern der Hirschlunge für diesen Theil der Untersuchung möglichst ungünstige Zustände. Die mit Chlorophyllkörnern vollgepfropften Zellen des Polsters, die zahlreichen Drüsenhaare bieten einer gründlichen Beobachtung grosse Schwierigkeiten. Nur glücklich geführte Schnitte gestatten ein näheres Studium des Befruchtungsactes. Da aber die Prothallien eine grosse Menge von Antheridien erzeugen, wird es andererseits leicht möglich, eine grosse Anzahl von Antheridien zum Zerreißen und auf diese Weise eine genügende Anzahl von Spermatozoiden ins Gesichtsfeld zu bringen, sowie bei der kurzen Lebensdauer letzterer, den Befruchtungsact besonders aber das Eindringen der Spermatozoiden in den Schleim des Archegoniumskanals länger der Beobachtung zu unterziehen.

Die Spermatozoiden verlangsamen fast plötzlich, wenn sie den Schleimstrom des geöffneten Archegoniums berühren ihre Bewegung, einige bohren sich tiefer in denselben ein (Taf. II, Fig. 36), während es anderen durch mehrere Drehungen gelingt, dem unfreiwilligen Hindernisse zu entfliehen. Jene welche noch die Kraft besitzen, in den dichteren Schleim einzudringen verlieren ihr etwaig noch vorhandenes Bläschen. (Fig. 36 b.) Deren Bewegung wird gegen die Mündung des Archegoniumskanals immer träger. Im Kanale öfters aber auch schon vor der Mündung desselben strecken sich die Spermatozoiden stark in die Länge, während sie am Grunde des Kanals ihre ursprüngliche Gestalt zurück erlangen.<sup>1)</sup> Viele Spermatozoiden gelangen jedoch nicht so weit, sie bleiben im Schleime stecken, rollen sich öfters auf sehr verschiedene Weise zusammen und werden nach Verlauf einiger Minuten aufgelöst. Interessant ist es auch, dass die herumschwimmenden Spermatozoiden nicht nur vom Schleime der Archegonien sondern oft in grosser Zahl von der klebrig-schleimigen Membran der Endzellen an den Drüsenhaaren aufgefangen werden. Eine strausartige Anhäufung von Spermatozoiden beobachtete ich (wie Strasburger<sup>2)</sup> und Bauke<sup>3)</sup> nur in seltenen Fällen (dreimal) bei normaler Ausbreitung des Kanalschleimes und bei günstiger, hinreichender Anzahl von Spermatozoiden. Ich stimme jedoch mit Strasburger<sup>4)</sup> vollkommen überein, indem ich derartige Anhäufungen von Spermatozoiden nur zu den unter günstigen Umständen möglichen Ausnahmen zähle. Die Einbohrung des Spermatozoides in die Befruchtungskugel erfolgt genau nach der Angabe Strasburger's, indem sich dasselbe langsam fast unmerklich drehend in die Befruchtungskugel einsenkt (Fig. 36 x) und nach einigen (drei) Minuten verschwindet. Die hellere Partie in der Befruchtungskugel (der Empfängnisfleck) ist bei *Scolopendrium* nicht scharf ausgesprochen. Später nachfolgende Spermatozoiden dringen nicht mehr in die Befruchtungskugel ein, sondern gelangen früher oder später im Kanale zur Ruhe. In Folge der Befruchtung, welche ich zweimal genau beobachtete, trübt sich das Plasma der Befruchtungskugel und umkleidet sich nach etwa fünfzehn Minuten mit einer zarten Membran. Die Bräunung des Halstheiles und die Verengerung des Archegoniumskanals erfolgt in bekannter Weise.

Die Resultate vorliegender Untersuchung lassen sich in folgende Punkte zusammenstellen:

1. Die Keimung der Sporen von *Scolopendrium vulgare* Sym., welche ein geschichtetes Exosporium und im Inhalte der Hauptmasse nach Oeltropfen besitzen, erfolgt nur im Lichte von genügender Intensität.

2. Durch die Quellung wird das Exosporium derartig erweicht, dass der Keimschlauch an jeder beliebigen Stelle hervorbrechen kann.

<sup>1)</sup> Eine genaue Erklärung dieses Phänomens gibt Bauke l. c. p. 87.

<sup>2)</sup> l. c. p. 403 und Taf. XXVI. Fig. 24—26.

<sup>3)</sup> l. c. p. 88 und Taf. X. Fig. 1.

<sup>4)</sup> l. c. p. 404.

3. Erst dann, wenn die zuerst herausgetretene Haarwurzel eine ziemliche Länge erreicht hat, erscheint am entgegengesetzten Ende der Spore, der schon Chlorophyll enthaltende Vorkeim und bildet, nachdem er sich schlauchförmig verlängerte, die erste Scheidewand in seinem obersten Theile. Der Vorkeimzellularfaden besteht aus sechs bis acht Zellen. Verästelungen finden sich nur in Ausnahmefällen.

4. Die Segmentzellen können noch bevor das eigentliche Flächenwachsthum beginnt, durch Längs- oder Tangentialwände und nur ausnahmsweise durch intercalare Querwände zur Vermehrung der Zellen beitragen. Das eigentliche Flächenwachsthum erfolgt in der Apicalzelle durch die Aufeinanderfolge abwechselnd geneigter Scheidewände und nach Erlöschen der Productionsfähigkeit der Scheitelzelle oder auch noch früher durch das Wachsthum terminaler Randzellen.

5. Die Antheridien, welche in grosser Zahl auf der unteren, beschatteten Seite des Prothalliums oder am Rande öfters schon zu Anfang des Flächenwachsthums entstehen, sind entweder einzellig oder bestehen aus zwei annularen Zellen und einer Deckelzelle, welche die Centralzelle einschliessen. Aus dem Inhalte letzterer bilden sich durch wiederholte Zweitheilung die Spermatozoidenmutterzellen, welche im Wasser platzen und je ein Spermatozoid befreien. Letztere besitzen drei bis fünf Windungen und am Rande zahlreiche, feine, ziemlich lange Wimpern.

6. In Bezug auf den Bau der Archegonien, welche auf grösseren, von den Antheridien erzeugenden verschiedenen Prothallien vorkommen, sowie in Bezug auf den Befruchtungsact schliesst sich *Scolopendrium* den echten Filicinen an.

7. Auch am Vorkeime von *Scolopendrium* kommen borstenförmige Trichomgebilde vor, welche den für die Prothallien der Cyatheaceen charakteristischen vollkommen gleichen.

---

### Erklärung der Abbildungen.

---

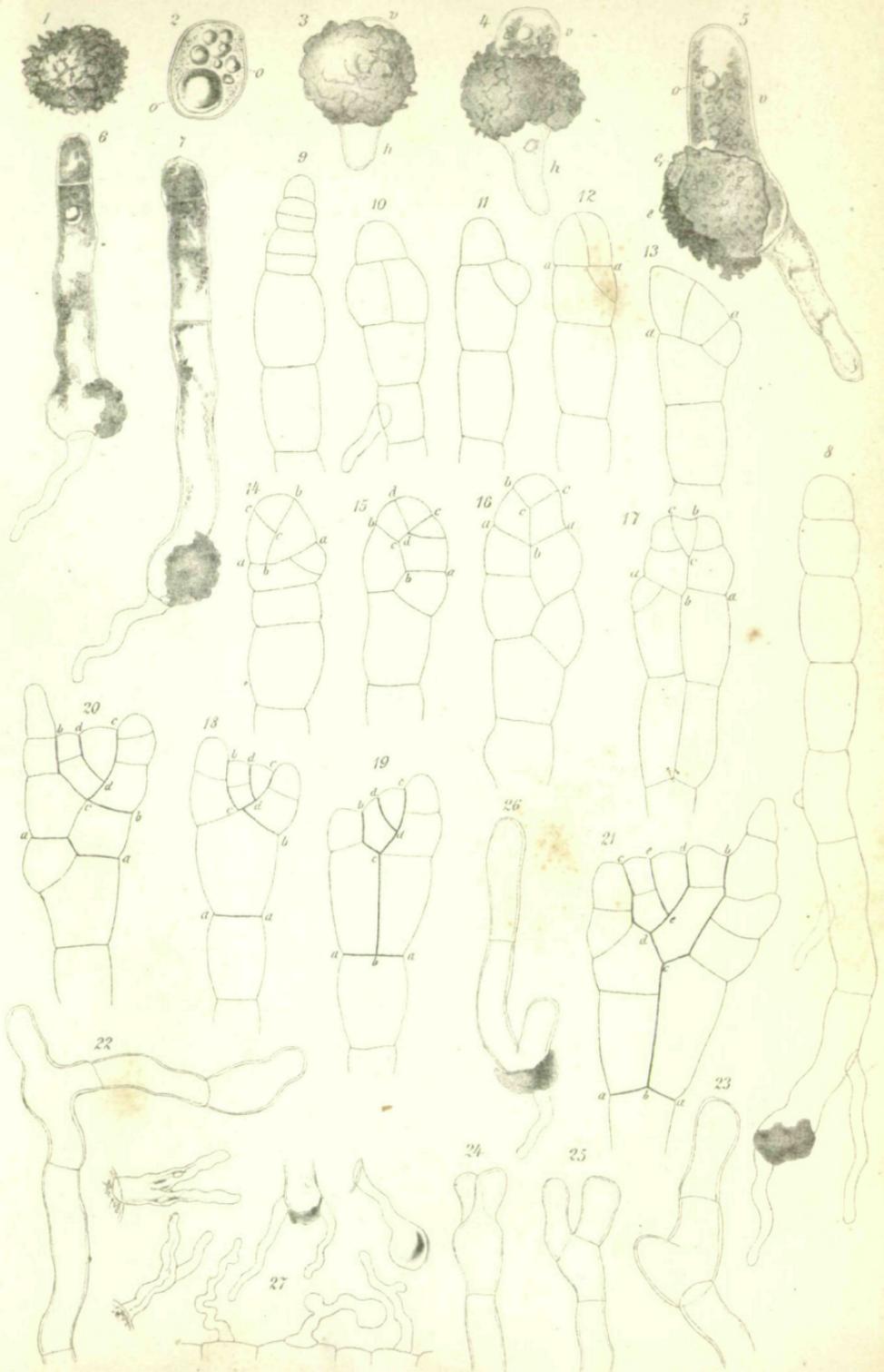
#### Tafel I.

- Figur 1. Eine reife Spore von *Scolopendrium vulgare* Sym. (Vergr. 430.)  
 „ 2. Das Endosporium nach Erweichen im Kali; *o* Oeltropfen. (Vergr. 430.)  
 „ 3—5. Aufeinanderfolgende Keimungsstadien; *h* erste Haarwurzel; *v* der Vorkeim; *c* äussere, derbe, *e* innere Schichte des Exosporiums; *o* Oeltropfen. (Vergr. 430.)  
 „ 6—27. (Vergr. 160.)  
 „ 6—8. Weitere Entwicklung des Vorkeimzellfadens.  
 „ 9. Zelltheilung der zwei jüngsten Segmentzellen durch intercalare Querwände.

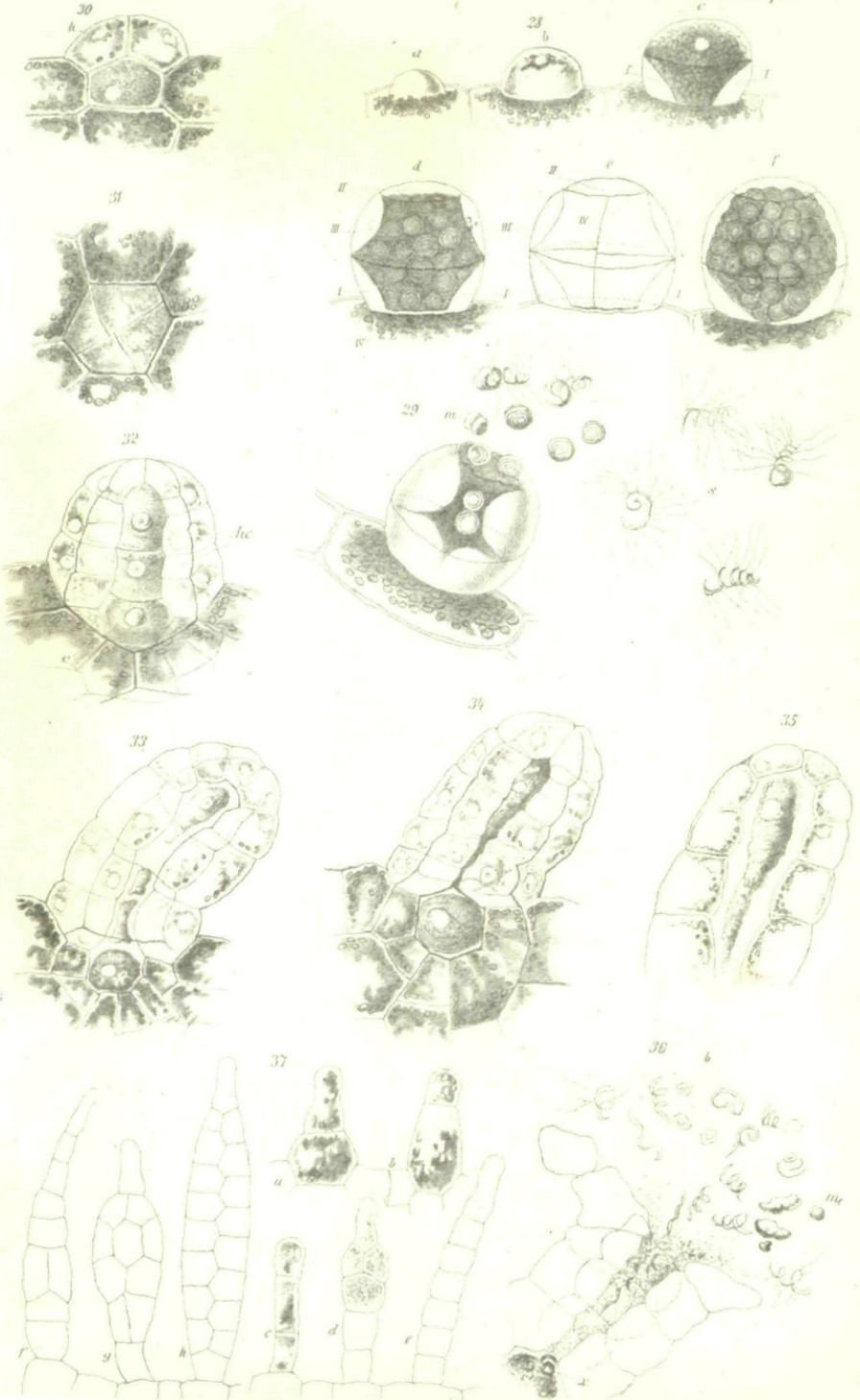
- Figur 10. Zelltheilung einer Segmentzelle durch eine Längswand.  
 „ 11. Zelltheilung der jüngsten Segmentzelle durch eine Tangentialwand.  
 „ 12—21. Verschiedene Entwicklungsstadien der Vorkeimzellfläche. *aa* Basalwand der Scheitelzelle; *bb*, *cc*, *dd*, *ee* die aufeinanderfolgenden, abwechselnd geneigten Zellwände.  
 „ 22. *t*-förmiger Vorkeimzellfaden.  
 „ 23—26. Anormale Verzweigungen des Vorkeimzellfadens. Bei Fig. 24 und 25 echte Dichotomie.  
 „ 27. Deformationen und Verzweigungen an Haarwurzeln.

## Tafel II.

- Figur 28—36. (Vergr. 350.)  
 „ 28 *a—f*. Aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien der Antheridien. I. Untere, III. Obere annulare Wandzelle; II. Deckelzelle; IV. Centralzelle.  
 „ 29 Ein Antheridium, welches die Spermatozoidenmutterzellen (*m*) entleert; *s* Spermatozoiden.  
 „ 30. Ein junges Archegonium im Längsschnitt; *c* die Centralzelle; *h* die Halszellen.  
 „ 31. Dasselbe Entwicklungsstadium eines Archegoniums in der Aufsicht, nur die vier ersten Halszellen sichtbar.  
 „ 32. Weiteres Entwicklungsstadium des Archegoniums; *c* Centralzelle, *hc* die zwei Halskanalzellen.  
 „ 33—34. Vollständig ausgebildete Archegonien, deren Halskanalzellen aufgelöst und verschleimt sind. Bei Fig. 33 die Schleimmassen noch getrennt.  
 „ 35. Der Halstheil eines Archegoniums knapp vor Oeffnung desselben.  
 „ 36. Ein geöffnetes Archegonium mit eindringenden Spermatozoiden; *x* ein sich gerade in die Befruchtungskugel (*c*) einbohrendes Spermatozoid; *m* gröbere Schleimmassen aus dem Halskanale des Archegoniums; *b* abgestreifte Bläschen der Spermatozoiden.  
 „ 37. Verschiedene Trichomgebilde des Vorkeimes. *a*, *d*, *e* fadenförmige Trichome; *b*, *c* Drüsenhaare; *f—h* Borstenhaare. (Vergr. 160.)







# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 1880

Band/Volume: [29](#)

Autor(en)/Author(s): Beck Günther [Gunthero] Ritter von Mannagetta

Artikel/Article: [Entwicklungsgeschichte des Prothalliums von Scolopendrium. \(Tafel 1-2\) 1-14](#)