Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen.

Von

Dr. E. Strasburger,

Privatdocent an der Hochschule in Warschau.

(Mit Taf. XXXV—XLII.)

Schon im Jahre 1833 versuchte Krocker jun.[1]) in seinem rühmlichst bekannten Werke: „de plantarum epidermide" auf das sonderbare Lagerungsverhältniss aufmerksam zu machen, das gewisse, die Spaltöffnung zunächst umgebenden Oberhautzellen in so auffallender Weise oft zeigen.

Dasselbe that Meyen[2]) in seinem „Neuen Systeme der Pflanzenphysiologie", allein eine Entwicklungsgeschichte und somit eine Begründung des Gesagten fehlte, und die Angaben von Krocker und Meyen wurden bald vergessen.

Und doch waren es diese eigenthümlichen Lagerungsverhältnisse gewisser Oberhautzellen, die vor Allem meine Aufmerksamkeit auf sich gelenkt, und mich vorigen Winter bestimmten, die scheinbar so oft besprochene Frage über Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen noch ein Mal aufzunehmen.

---

1) Krocker, „de plantarum epidermide" Vradislaviae 1833. Vergl. auch seine Abbildungen, namentlich: von Blechnum australe Fig. 3, von Arrhenatherum avenaceum Fig. 8, Tradescantia discolor Fig. 11, Begonia spathulata Fig. 39 und Sempervivum urbicum Fig. 41.

2) J. Meyen, Neues System der Pflanzenphysiologie, 1837, pag. 278: „Ganz besondere Beachtung verdient es, dass bei gewissen Pflanzen die Zellen der Epidermis, welche zunächst der Hautdrüse gelegen sind, zu dieser eine gang eigenthümliche Stellung annehmen, wodurch oftmals die Erkennung der Structur der Drüse sehr erschwert wird. Der bekannteste dieser Fälle ist der bei der Tradescantia discolor, derselbe Bau kommt jedoch bei allen Tradescantien, bald mehr, bald weniger regelmässig vor. Vergl. Fig. 14. Taf. V;" aber auch die andern Figuren derselben Tafel.

Dem Herrn Prof. Pringsheim, meinem hochverehrten Lehrer, unter dessen Leitung im phytophysiologischen Laboratorium zu Jena ich diese meine Arbeit begonnen, und der auch späterhin, durch briefliche Mittheilungen, mich freundlichst unterstützte, fühle ich mich veranlasst, hiermit meinen innigst gefühlten Dank auszusprechen.

Mit Ausnahme von Krocker und von Meyen haben alle übrigen Forscher sich fast einzig nur mit den Theilungsvorgängen derjenigen Zelle beschäftigt, die ich Specialmutterzelle der Spaltöffnungen nennen möchte, weil sie direct die beiden Porenzellen erzeugt; — auf den Ursprung der Specialmutterzelle selbst wurde wenig Rücksicht genommen, und die oft sehr complicirten Theilungen, die der Entstehung dieser Zelle vorausgehen, sind constant bis jetzt übersehen worden.

Die ältesten Angaben über Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen verdanken wir Unger[1]), v. Mohl[2]), Meyen[3]), Nägeli[4]) und Karsten[5]); spätere Garreau[6]) und Oudemans[7]); noch während des Laufes meiner Untersuchung erschien eine Arbeit von Sorauer[8]): „Ueber die Spaltöffnungen bei den Liliaceen".

Auf die Arbeiten von Unger, von v. Mohl und Nägeli brauche ich kaum näher einzugehen, da sie hinlänglich bekannt, oder doch in jedem Handbuche leicht nachzuschlagen sind; hervorzuheben wären etwa nur die Hauptdifferenzen.

Nach den Angaben von Nägeli sind die Mutterzellen der Spaltöffnungen nur in der Längsentwicklung zurückgebliebene Oberhautzellen; während Unger entschieden behauptet, und auch v. Mohl anzunehmen scheint, dass sie dem, unter der Oberhaut liegenden Parenchym angehören. Nach Nägeli wird der ursprüngliche eine

---

1) Unger, Exanthemum der Pflanzen 1833 und Bot. Zeit. II. 522.

2) Hugo v. Mohl, Ueber die Entwicklung der Spaltöffnungen Linnaea 1838.

3) J. Meyen, Beiträge zur Bildungsgeschichte verschiedener Pflanzentheile mit 3 Tafeln. Müllers Archiv 1839, p. 253.

4) Nägeli, Linnaea 1842.

5) Karsten, Bot. Zeit. 1848, pag. 734.

6) Garreau, Mémoire sur la formation des stomates, dans l'épiderme des feuilles de l'éphemère des jardins, et l'évolution des cellules qui les avoisinent. Ann. d. sc. nat. 1854. 14 Serie p. 213 1 vol.

7) Oudemans, Extrait des comptes rendus de l'acad. royal. d. sciences. Section sciences exactes Volume XIV. Amsterdam 1862.

8) Paul Sorauer, Ueber die Spaltöffnungen bei den Liliaceen. Bot. Unters. aus dem physiolog. Laborat. der landwirthschaftl. Lehranstalt in Berlin von H. Karsten. 1. Heft pag. 1. 1865.

Zellkern der Mutterzelle aufgelöst, an seiner Stelle aber zeigen sich zwei neue, und wird die Bildung der mittleren Scheidewand durch das Aneinanderstossen zwei neuer, selbstständig angelegter Zellen bedingt; v. Mohl dagegen behauptet (im Nachtrage Verm. Schrift. pag. 254), dass die beiden neuen Zellkerne durch Theilung aus dem ursprünglich einen entstehen, und dass nach beendigter Theilung dieses Zellkernes die neue Scheidewand als eine rings um die Zelle laufende, in die Höhle derselben vorspringende Leiste sich bilde.

Nach den Angaben von Nägeli soll endlich die Spalte einer zwischen den Porenzellen ausgeschiedenen Luftblase ihre Entstehung verdanken, während v. Mohl behauptet, dass sie als eine von aussen nach innen eindringende, schliesslich in der Mitte zusammenmündende Furche sich bilde.

Mit den Angaben v. Mohl's stimmen auch die Angaben Meyen's überein, nur dass Meyen dem Zellkerne jede Bedeutung bei der Zelltheilung absprechen möchte; dagegen versuchte Karsten im Jahre 1848 eine ganz abweichende Deutung des Vorganges. Nach seiner Auffassungsweise wären drei Zellen nöthig, um eine Spaltöffnung zu erzeugen, und die eigentliche Spalte ein Product der mittleren dieser drei Zellen, nach erfolgter Resorption der oberen und unteren Wand derselben.

Diese Angaben Karsten's standen in naher Beziehung zu seiner Zellentheorie, und wurden im Grossen und Ganzen ebensowenig berücksichtigt als jene; um so sonderbarer musste es erscheinen, dass heute noch, nachdem die Lehre von der Zelltheilung so bedeutende Fortschritte gemacht, ein Schüler Karsten's, Herr Sorauer mit denselben Angaben aufzutreten, und sie in seinem Aufsatze: „Ueber die Spaltöffnungen bei den Liliaceen“ zu vertheidigen wagt.

Auffallender Weise hatten, mit einziger Ausnahme Meyen's, sämmtliche der früheren Forscher sich auf die Untersuchung monocotyler Gewächse, vor Allem der Liliaceen beschränkt. Die Spaltöffnungen der Liliaceen sind sehr gross, und schienen deshalb für die Entscheidung der Frage über Entwicklungsgeschichte besonders geeignet.

Gerade der Umstand aber, dass Liliaceen nur untersucht worden, kann theilweise erklären, warum alle die Theilungen, die der Entstehung der Specialmutterzelle vorausgehen, bis jetzt fast unberücksichtigt geblieben.

Wie wir sehr bald sehen werden, bieten uns die Liliaceen den

einfachsten Fall der Entstehung der Specialmutterzelle dar, die Specialmutterzelle wird hier durch den ersten und einzigen Theilungsschritt angelegt; der Vorgang der Theilung ist also gerade seiner Einfachheit wegen am leichtesten zu übersehen.

So gelang es denn auch erst Oudemans, im Jahre 1862, in seinem Aufsatze: „Mémoire pour servir de reponse à la question: Si les stomates derivent de cellules épidermiques, ou bien de cellules parenchymatiques sous-jacentes?“ einiges Licht auf diesen Punkt zu werfen, und zu zeigen, dass die Specialmutterzellen durch Theilung aus gewöhnlichen Oberhautzellen entstehen. Die Beobachtung wurde an Aloe-Arten, also eigentlich auch Liliaceen, gemacht und somit nur der einfachste Fall der Entstehung der Specialmutterzelle ermittelt, ein Fall, der wenig Aufsehen machte und bisher auch ganz vereinzelt geblieben. Diese Arbeit von Oudemans muss auch Herrn Sorauer unbekannt geblieben sein, denn er hat in seinem Aufsatze nichts von ihr erwähnt und weiss überhaupt über die Entstehungsweise der Specialmutterzelle noch nichts anzugeben.

Doch auch wir wollen für den Augenblick unberücksichtigt lassen, wie und wo die Specialmutterzelle angelegt worden, und uns nur mit dem Theilungsvorgange derselben beschäftigen.

Ich habe Hyacinthus Iris, aber auch Pflanzen aus anderen Familien untersucht, und meine Beobachtungen stimmen in diesen Punkten fast genau mit denen von Hugo v. Mohl überein. — Die Deutung des Vorganges möchte nun freilich eine andere sein, den neueren Auffassungen über Zelltheilung, zu denen v. Mohl ja selbst nicht wenig beigetragen, mehr angemessen. Das Object selbst ist viel zu ungünstig, um neue Anschauungen über Zelltheilung anzubahnen, und will ich mich im Vorliegenden auf einfache Angaben der Beobachtungsreihe beschränken.

Die junge Specialmutterzelle der Spaltöffnung ist mit protoplasmatischem Inhalte reich angefüllt, und führt einen grossen, centralen, meist sichtbaren Zellkern. An die Stelle dieses einen Zellkernes sieht man bald zwei neue auftreten; sie entstehen zweifelsohne durch Theilung aus dem ursprünglichen, wie v. Mohl bereits richtig angegeben und auf Taf. IV seiner Verm. Schrift. Fig. 31—36 abgebildet hat. Der Vorgang der Theilung lässt sich bei Anwendung stark verdünnter Reagentien oft nicht schwer verfolgen. — Gleichzeitig mit der Theilung das Zellkernes beginnt die Bildung der neuen Scheidewand, die als vorspringende ringförmige Leiste

(Falte) langsam nach der Mitte fortschreitet, um schliesslich die Theilung abzuschliessen. Diese Scheidewand zunächst mit doppelter Contour kaum sichtbar, zeichnet sich immer schärfer und bald zeigt sich auch eine mittlere Linie, welche die scheinbar einfache Lamelle nun in zwei Lamellen spaltet. Jetzt beginnt auch die Bildung der Spalte. Die Spalte entsteht, wie v. Mohl richtig angiebt, als eine von aussen nach innen vordringende, schliesslich zusammenmündende Furche, so dass die Zellen in der Mitte ihrer Höhe zuletzt auseinanderweichen. Eine Einwirkung benachbarter Oberhautzellen auf die Bildung der Spalte ist also kaum denkbar, und möchten die mechanischen Ursachen weit eher in Spannungsdifferenzen der jungen Porenzellen selbst zu suchen sein.

Mit beendigter Bildung der Spalte schliesst auch der Entwicklungscyclus der Spaltöffnungen ab, die Porenzellen, und namentlich die mittlere Wand derselben wird stark verdickt, und unter dem Einflusse der atmosphärischen Luft eine Cuticula gebildet, die bei manchen Pflanzen bis in die Athemhöhle, oft in ganz ausgezeichneter Weise, sich verfolgen lässt; ja in seltneren Fällen, so bei Ficus elastica, bilden die Porenzellen sogar Cuticularschichten, die den Cuticularschichten der benachbarten Oberhautzellen an Stärke gleich kommen können, und scheinbar selbst eine directe Fortsetzung derselben bilden.

Doch komme ich auf die genannten Verhältnisse noch einmal zu sprechen, wenn wir die Querschnitte unserer Spaltöffnungen einzeln für sich betrachten werden, und wären wir für jetzt an den Schluss dieser Beobachtungsreihe, und somit auch unserer Einleitung gelangt.

Was die citirten Angaben von Garreau und andere speciellere Beobachtungen über äussere Gestalt, Bau und Vertheilung fertiger Spaltöffnungen anbetrifft, will ich diese weiter im Texte noch berühren und gehe nun zu dem speciellen Theile meiner Arbeit über.

Da uns hier meist neue, oft complicirte Verhältnisse entgegentreten werden, will ich die Beispiele zunächst einzeln anführen, und erst am Schlusse versuchen, die Hauptresultate der Arbeit übersichtlich zusammenzufassen; auch schlage ich bei dieser Aufzählung den Weg ein, der mir der naturgemässeste erscheint: ich werde mit den einfachsten Beobachtungen beginnen, dann weiter zu immer complicirteren schreiten.

Den einfachsten der mir bekannten, und der zugleich auch möglichen, Fälle bieten uns die Irideen, Liliaceen, Colchicaceen, aber auch

Pflanzen aus allen möglichen Familien dar. Ich wähle hier zunächst als instructives Beispiel: Iris pumila.

An der Basis eines jungen, entwicklungsfähigen, noch wachsenden Blattes besteht die Oberhaut dieser Pflanze aus länglichen, sehr dünnwandigen Epidermiszellen, fast von einer Gestalt und Grösse (Taf. XXXV, Fig. 1).

Etwas höher am Blatte, wo die Gewebe unbedeutend älter geworden, zeigen sich unter den erwähnten, langgestreckten Oberhautzellen kleinere, ebenso breite, doch bei weitem kürzere Zellen. Diese Zellen treten zunächst nur spärlich, nur vereinzelt auf; je höher am Blatte wir aber unsere Beobachtungen anstellen, desto zahlreicher werden sie, und wir können uns jetzt auf das leichteste überzeugen, dass sie durch Theilung aus den langgestreckten entstehen (Taf. XXXV, Fig. 2 a). Die sich theilende Oberhautzelle ist weder durch Inhalt, noch durch Grösse von den benachbarten Oberhautzellen verschieden. Die Theilung erfolgt durch eine quere Scheidewand und die Zelle zerfällt hierbei in zwei ungleiche und ungleichwerthige Tochterzellen: in eine kleinere, die durch Theilung direct die beiden Porenzellen erzeugt, als Specialmutterzelle der Spaltöffnung also zu bezeichnen wäre, und in eine bei weitem grössere, die fortan gewöhnliche Oberhautzelle verbleibt. Die Specialmutterzelle scheint ausnahmslos aus dem vorderen, die erwähnte Oberhautzelle aus dem hinteren Theile der ursprünglichen Mutterzelle zu entstehen.

Am leichtesten war dies zu verfolgen, wenn der in unserer Fig. 2 bei b verzeichnete Fall sich ereignete, und eine der sich theilenden Oberhautzellen mit ihrem vorderen Ende zwei Oberhautzellen berührte, statt wie gewöhnlich nur an eine zu grenzen.

Schon diese erste Beobachtungsreihe zeigt uns, dass weder Unger, v. Mohl, noch Nägeli in ihrer Auffassung der Entwicklungsgeschichte völlig recht gehabt; bestätigt dagegen Oudemans' Angaben für die Aloe-Arten.

Die Specialmutterzelle ist weder eine in der Entwicklung zurückgebliebene Oberhautzelle, noch darf sie dem unter der Oberhaut liegenden Parenchym zugesprochen werden, wohl aber ist sie ein Theilungsproduct gewöhnlicher Oberhautzellen. Sie gehört der Oberhaut, wenn auch in einem anderen Sinne, als es Nägeli gemeint.

Die erwähnte Beobachtung bietet uns zugleich den einfachsten Fall der Entstehung der Specialmutterzelle dar, die Specialmutterzelle wird hier durch den ersten Theilungsschritt angelegt, und was

mehr, dieser Theilungsschritt ist von gewöhnlicher Zelltheilung nicht zu unterscheiden.

Doch wir kehren zu unseren Specialmutterzellen zurück. — Kaum angelegt, beginnen sie rasch zu wachsen, nehmen bedeutend an Umfang zu, und etwas höher am Blatte treffen wir sie im Stadium unserer Fig. 3, Taf. XXXV. Jetzt runden sich unsere Zellen in charakteristischer Weise ab, wahrscheinlich werden sie in ihrem Ausdehnungsstreben von den benachbarten Oberhautzellen gestört, denn diese Ausdehnung erfolgt bald nicht mehr in Einer Ebene mit jenen, und sie vergrössern sich besonders in ihren unteren Theilen, während ihre obere Contour von den Rändern der benachbarten Oberhautzellen gebildet wird (Fig. 4, Taf. XXXV).

Jetzt schicken sich die Specialmutterzellen in der uns bekannten Art und Weise zur Theilung an; der Vorgang beginnt mit der Theilung der Zellkerne und endet mit der Abschliessung der mittleren Scheidewand (Taf. XXXV, Fig. 5). — Die benachbarten Oberhautzellen erheben sich immer mehr und mehr über die jungen Porenzellen und bilden den sogenannten Trichter, einen immer tiefer werdenden Kanal, der nach den Porenzellen führt (Fig. 10, Taf. XXXV). Haben die Porenzellen die Grösse unserer Fig. 6, Taf. XXXV erreicht, so pflegen die ersten Spuren der mittleren Spalte sichtbar zu werden, die Spalte vergrössert sich rasch (Fig. 7, Taf. XXXV) und bald hat das ganze Organ seine definitive Gestalt und Grösse erreicht (Fig. 8, 9 u. 10, Taf. XXXV). Der Trichter und die eigentliche Spalte füllen sich mit Luft und bilden von nun an eine ununterbrochene Communication der äusseren Atmosphäre und der Binnenluft.

Bei Hyacinthus durchläuft die Spaltöffnung ganz die nämlichen Entwicklungsstadien, auch hier entstehen die Specialmutterzellen aus der vorderen kleineren Hälfte der gewöhnlichen, langgestreckten Oberhautzellen, auch hier werden sie durch den ersten Theilungsschritt angelegt. Und doch unterscheiden sich die fertigen Spaltöffnungen beider Pflanzen in ihrem anatomischen Baue sehr bedeutend. Der Grund dieser Verschiedenheit möchte unter andern darin zu suchen sein, dass die Spaltöffnungen der letztgenannten Pflanze sich ganz frei, und in Einer Ebene mit den angrenzenden Oberhautzellen entwickeln können. Die fertige Spaltöffnung wird von den benachbarten Oberhautzellen nur ein wenig und zwar von unten her umgriffen, und fehlt auch der für Iris so charakteristische Trichter. Ich habe auf Taf. XXXV die Spaltöffnung von oben (Fig. 11), von unten (Fig. 12), von der Seite (Fig. 13) und im Querschnitt (Fig. 14) dargestellt, und

bitte ich meine Zeichnungen mit den entsprechenden bei Sorauer zu vergleichen[1]).

Ganz ähnlich wie Liliaceen, verhält sich auch Orchis latifolia, überhaupt unsere einheimischen Orchideen (auf die tropischen komme ich später zu reden). Der Unterschied in der Entwicklung wird einzig dadurch bedingt, dass wir es hier mit polygonalen statt mit langgestreckten Zellen zu thun haben. Die Theilung erfolgt ganz wie bei Liliaceen (Fig. 15, Taf. XXXV), doch wächst die Specialmutterzelle bald bedeutender in ihrer vorderen, als in ihrer hinteren Hälfte, rückt langsam aus den ursprünglichen Contouren ihrer Mutterzelle hinaus (Fig. 16, 17, Taf. XXXV), und die fertige Spaltöffnung kommt so mitten zwischen vier, seltner mehr Oberhautzellen zu liegen.

Während in den bis jetzt untersuchten Oberhäuten die jungen Zellen stets in Längsreihen angeordnet waren, und ein Vorn und Hinten an den Zellen sich unterscheiden liess, so dass wir in jedem Falle bestimmen konnten, aus welchem, dem vorderen oder dem hinteren Theile der Oberhautzelle, die Specialmutterzelle angelegt worden, wird dieses bei den nun folgenden Pflanzen unthunlich, weil durch frühzeitige, scheinbar regellose Theilungen die ursprüngliche Anordnung der Zellen verwischt wird.

Zu diesen Pflanzen gehört unter anderen: Sambucus und Ruta, an diese möchten sich wieder Paeonia, Bellis perennis, Menyanthes, Veronica chamaedrys, Penstemon, also Pflanzen aus allen möglichen Familien anschliessen.

Die Entwicklungsgeschichte stimmt, wie unsere Fig. 21 und 22, Taf. XXXVI für Sambucus nigra wohl zur Genüge zeigen, mit derjenigen früherer Pflanzen überein; durch nachträgliche Theilungen benachbarter Oberhautzellen werden die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse aber so verwischt, dass aus dem fertigen Zustande kaum mehr auf die Aehnlichkeit der Entwicklungsgeschichte sich zurückschliessen liesse.

Bei Sambucus (Fig. 24, Taf. XXXVI) haben sich wie bei Hyacinthus die Spaltöffnungen in Einer Ebene mit den benachbarten Oberhautzellen entwickelt, während der Querschnitt von Ruta (Fig. 26, Taf. XXXVI) mehr an Iris erinnert.

In der unmittelbaren Nähe von Sambucus und Ruta steht auch

---

1) Vergl. auch die sehr schönen Abbildungen einiger Monocotyledonen-Spaltöffnungen (Flächenansichten und Querschnitte) bei v. Mohl in der Bot. Zeitg. 1856, Taf. XIII.

eine Pflanze, die ich hier besonders behandeln möchte, weil ihr lange Zeit hindurch die Porenzellen ganz abgesprochen wurden; diese Pflanze ist Salvinia natans.

So viel mir bekannt, war Schleiden der erste, der diese Vermuthung ausgesprochen und durch eine Zeichnung (Grundzüge IV. Aufl. Fig. 79 pag. 198) zu bekräftigen suchte; seitdem ist sie in alle Handbücher übergegangen.

Schleiden sagt in der Erklärung seiner Salvinia-Abbildung (Grundz. pag. 198): „Man bemerkt die Spaltöffnungen in der einfachsten Form, als Intercellulargänge zwischen den Oberhautzellen.“ — Diese Erklärung Schleiden's beruht auf einem Irrthume; Schleiden hat sich durch den eigenthümlichen Bau der Oberhaut und die dadurch verursachte Lichtbrechung — die die Porenzellen unkenntlich macht — täuschen lassen.

In Wirklichkeit besteht die Oberhaut der Salvinia aus runden Zellen, die wie kugeliges Parenchym sich nur mit wenigen Punkten der Peripherie, seitlich in einer horizontalen Ebene berühren, und wie bei allen Farnen reichlich Chlorophyll führen (Fig. 29—30, Taf. XXXVI). Zwischen diesen Zellen, auf der Oberhaut des Blattes tief eingesenkt, liegen die Spaltöffnungen (Fig. 29—30). — Diese Spaltöffnungen werden durch die starke Lichtbrechung an den convexen Seitenwänden der Oberhautzellen so undeutlich gemacht, dass sie leicht übersehen werden können; man muss die Flächenschnitte erst unter der Luftpumpe mit Wasser injiciren, um klare Bilder zu bekommen. — Jetzt sieht man, dass bei Salvinia wie bei höheren Pflanzen wirkliche Porenzellen vorhanden sind, dass sie aber durch die benachbarten Oberhautzellen so beengt werden, dass sie meist die Gestalt des durch dieselben gebildeten Intercellularganges angenommen haben; nur hin und wieder ist dieser Intercellulargang weit genug, um eine freie Entwicklung der nun halbmondförmig werdenden Zellen zuzulassen. In allen Fällen lassen die Porenzellen eine verhältnissmässig ziemlich weite Spalte (Fig. 29, Taf. XXXVI) zwischen sich, was auch auf Querschnitten sich verfolgen lässt (Fig. 30, Taf. XXXVI). Eine Eigenthümlichkeit zeigen die Porenzellen, die ich sonst nirgends angetroffen habe; während nämlich die benachbarten Oberhautzellen mit Chlorophyll dicht angefüllt sind, führen die Porenzellen nur farblosen feinkörnigen Inhalt; dies mag zur Täuschung Schleiden's mit beigetragen haben.

Die Entwicklungsgeschichte der Salvinia-Spaltöffnungen stimmt im Princip mit der von Sambucus überein; auch hier, wie in allen anderen

Fällen, werden die Specialmutterzellen durch Theilung der Oberhautzellen, also zunächst auch in Einer Ebene mit diesen letzteren angelegt (Fig. 27, Taf. XXXVI), in späteren Entwicklungszuständen runden sich die Oberhautzellen immer mehr ab und erheben sich, stark convex werdend, nach aussen. — Das übrige ist aus den Zeichnungen Fig. 28, 29—30, Taf. XXXVI leicht zu ersehen.

Weiter schliessen sich hier die eigentlichen Farne an. — Auch diese bieten Eigenthümlichkeiten, die nähere Berücksichtigung verdienen. Einige Farne, wie Asplenium furcatum (Fig. 33, 34, 35, Taf. XXXVI), erinnern ganz an die Anordnung und die Entwicklungsgeschichte bei den Monocotyledonen; freilich können ihre Spaltöffnungen sich dabei im anatomischen Baue sehr wesentlich von den monocotylen Spaltöffnungen unterscheiden. — An diese Farne schliessen sich auch die Lycopodiaceen, namentlich Selaginella[1]) (Fig. 31 u. 32 Taf. XXXVI) an. Andere Farne bieten Verhältnisse, die von den früher besprochenen sich oft bedeutend entfernen, als Beispiel könnte Asplenium bulbiferum angeführt werden.

Die junge Oberhaut von Asplenium bulbiferum besteht aus polygonalen Zellen. Diese Zellen theilen sich, wie in allen früher besprochenen Fällen, um je eine Specialmutterzelle, und je eine Oberhautzelle zu erzeugen; allein die Art der Theilung kann von der gewöhnlichen Theilung, wie wir sie am einfachsten bei Irideen und Liliaceen angetroffen, schon bedeutend abweichen. So erinnert die Theilung bei a in unserer Fig. 36, Taf. XXXVI noch ganz an die Theilung bei Orchideen, während wir bei c einen ganz eigenthümlichen, neuen Fall vor uns haben, wo die vordere kleine Zelle U-förmig gestaltet ist, nur mit ihrer vorderen flachen Wand die eine Wand ihrer Mutterzelle berührt, im Uebrigen aber von ihrer Schwesterzelle umfasst wird. Bei der Mehrzahl der Farne wird diese zweite Art der Theilung zur allgemeinen Regel, und Asplenium bulbiferum bildet so gleichsam den Uebergang von Asplenium furcatum zu bald nun folgenden Fällen. — Asplenium bulbiferum bietet uns aber auch noch andere Eigenthümlichkeiten. Die auf die eine oder andere der beschriebenen Weisen angelegte Specialmutterzelle wächst bedeutender in ihrer vorderen Hälfte und tritt langsam aus den ursprünglichen Contouren ihrer Mutterzelle hervor; ist dies geschehen, so erfolgt

---

1) Bei Selaginella liegen die Spaltöffnungen nur in der Mittellinie des Blattes, ausnahmsweise über dem Gefässbündel, welches hier aber in schwammförmigem Parenchym gleichsam suspendirt erscheint.

ihre Theilung; allein diese Theilung braucht nicht, wie in allen früheren Fällen, schon eine Längstheilung zu sein und die beiden Porenzellen zu erzeugen, sondern es kommt ganz eben so oft auch vor, dass sie völlig an den ersten Theilungsschritt erinnert (Fig. 37, 38, Taf. XXXVII). Die neu angelegte Zelle berührt dann wieder nur die eine vordere Wand ihrer Mutterzelle und wird im Uebrigen von ihrer Schwesterzelle umfasst. — In seltenen Fällen wiederholt sich der ähnliche Vorgang noch ein drittes Mal, immer ist es dann die zuletzt so angelegte Zelle, die als wirkliche Specialmutterzelle fungirt, nach vorn aus den Contouren der Mutterzelle hervorwächst und durch Längstheilung die beiden Porenzellen erzeugt. Da die charakteristische Gestalt dieser Uebergangsgebilde sich auch in späteren Stadien nur wenig verwischt, so erhalten wir bei Betrachtung fertiger Spaltöffnungen Bilder, wie sie unsere Fig. 39 u. 40, Taf. XXXVII vorstellen, in welchen die Spaltöffnung entweder direct von einer gewöhnlichen Oberhautzelle (Fig. 39 a), oder auch von einer (Fig. 39 b), ja von zwei veränderten Oberhautzellen umgeben erscheint, je nachdem sie durch den ersten, den zweiten, oder auch den dritten Theilungsschritt entstanden war.

Wir lernen so bei Asplenium bulbiferum einen neuen Fall kennen, wo die Specialmutterzelle sowohl durch den ersten als durch einen späteren Theilungsschritt angelegt werden kann, und bekommen hier somit die erste Andeutung der complicirten Theilungen, zu deren Besprechung wir alsbald kommen werden.

Um jeglicher Begriffsverwirrung vorzubeugen, fühlen wir uns durch Asplenium bulbiferum veranlasst, hier einige neue Ausdrücke einzuführen. Wir haben, ähnlich wie es bis jetzt in der Entwicklungsgeschichte des Pollens geschehen, die Zelle, welche hier die Porenzellen direct erzeugt, Specialmutterzelle genannt, wir werden auch fernerhin diesen Ausdruck beibehalten; in den Fällen aber, wo wir es, wie bei Asplenium bulbiferum, mit Uebergangsgebilden zu thun haben werden, diese letzteren als Mutterzellen ersten, zweiten oder höheren Grades bezeichnen; die Oberhautzelle, welche diese provisorischen Mutterzellen oder auch direct die Specialmutterzelle erzeugt, schliesslich „Urmutterzelle der Spaltöffnung“ nennen. Wir würden nun sagen: bei Iris, Orchis, Salvinia etc. wird die Specialmutterzelle durch den ersten Theilungsschritt der Urmutterzelle angelegt, während bei Asplenium bulbiferum weit häufiger der Fall eintritt, dass die Bildung einer oder mehrerer Mutterzellen dem Erscheinen der Specialmutterzelle vorausgeht.

Je nachdem die Specialmutterzelle von Asplenium bulbiferum durch den ersten oder durch einen weiteren Theilungsschritt angelegt wurde, erscheint die fertige Spaltöffnung auch auf dem Querschnitte von gewöhnlichen Oberhautzellen, aber auch von einem oder zwei Paaren kleinerer, schwächer verdickter Oberhautzellen umgeben; diese schwächeren Zellen sind die halbmondförmigen Zellen der Flächenansichten. — Unsere Fig. 41, Taf. XXXVII entspricht der Fig. 39 b, die Specialmutterzelle ist hier durch den zweiten Theilungsschritt angelegt worden und a und a stellt die zwei Mal durchschnittene halbmondförmige Zelle dar.

Die neue Art der Theilung, die wir bei Asplenium bulbiferum kennen gelernt, ist nicht allein den Farnen eigen, ganz dieselbe Einrichtung fand sich bei Plantagineen (Plantago purpurascens, recurvata, fuscescens), auch bei Centradenia rosea, grandifolia [1]), Epilobium, Oenothera [2]) und den Sileneen.

Silene inflata ist zur Beobachtung des Vorganges so günstig, dass ich sie hier nicht unberücksichtigt lassen kann.

Die junge Oberhaut besteht aus fast viereckigen, in Längsreihen angeordneten Zellen. Die Specialmutterzellen werden sehr spät angelegt, nachdem die Oberhautzellen verhältnissmässig eine bedeutende Grösse erreicht. Fast eine jede Oberhautzelle wird zur Urmutterzelle einer Spaltöffnung, und zerfällt in zwei Schwesterzellen, von welchen die obere nur einen kleinen Theil ihrer oberen Wand berührt (Fig. 42, Taf. XXXVII) und um das vielfache kleiner als ihre Schwesterzelle erscheint. Auch der Vorgang der Theilung lässt sich hier leicht verfolgen. Man sieht den Zellkern der Urmutterzelle sich der oberen Wand derselben an der Stelle anlegen, wo später die Specialmutterzelle erscheinen soll (Fig. 42 a), der Zellkern verdoppelt sich langsam und gleichzeitig sieht man eine U-förmige Scheidewand auftreten, die die Theilung beschliesst (Fig. 42 b). Die Wände der jungen Specialmutterzelle sind hier, ganz wie bei Farnen, stark nach unten und innen geneigt, und nimmt die junge Zelle, von ihrem ersten Auftreten an, auch ausnahmslos, die ganze Höhe der Urmutterzelle in Anspruch. — Dies Alles zeigt, dass wir es hier mit Zelltheilung, nicht etwa mit freier Zellbildung zu thun haben.

---

1) Bei Centradenia rosea, Chrysodium vulgare wird die Specialmutterzelle fast ausnahmslos durch den ersten, bei Centradenia grandifolia, Plantagineen auch hin und wieder durch den zweiten Theilungsschritt angelegt.

2) Bei Epilobium, Oenothera durch weitere Veränderungen im fertigen Zustande stark verwischt.

Eben so leicht lassen sich auch die späteren Phasen der Entwicklung, die Theilung der Specialmutterzellen, die Bildung der Spalte, bei unserer Silene verfolgen (Fig. 43, 44, Taf. XXXVII), bis die Spaltöffnung ihre endliche Gestalt und Grösse angenommen (Fig. 45, 46). Orchis-ähnliche Theilungen, wie wir sie bei Asplenium bulbiferum noch kennen gelernt, kommen bei Silene nicht mehr vor, auch wächst die Specialmutterzelle hier fast gleichmässig in ihrem ganzen Umfange, und behält im fertigen Zustande fast genau die Stelle, die sie in dem jugendlichen Gewebe eingenommen.

Fast ganz genau die nämliche Entwicklungsgeschichte, wie bei Silene, treffen wir bei einem Farne, das wir der Reihe nach hier zu erwähnen hätten, weil es den Uebergang zu noch weiteren Zuständen vermittelt. Dieses Farn ist Chrysodium vulgare, und würde ausserdem die am meisten verbreitete Anordnung der Farn-Spaltöffnungen vorstellen.

Die Specialmutterzelle wächst bei Chrysodium vulgare fast mehr in ihrer hinteren, als in ihrer vorderen Hälfte; die Spaltöffnung tritt also nicht nur aus den ursprünglichen Contouren der Urmutterzelle nicht hervor, sondern sie wird im fertigen Zustande von ihrer Schwesterzelle bis auf einen kleinen Raum, also fast vollständig umfasst (Fig. 47, 48, Taf. XXXVII).

So werden wir auf diesem Wege langsam zu einer eigenthümlichen Erscheinung geführt, deren Verständniss mir auf den ersten Blick manche Schwierigkeit gemacht — ich spreche von der Anordnung der Spaltöffnungen bei Aneimia-Arten. Die Spaltöffnung der Aneimia fraxinifolia liegt mitten in einer Oberhautzelle, ohne die Seitenwand derselben an irgend welchem Punkte zu berühren, sie wird ringförmig von dieser Oberhautzelle umfasst und ruht in derselben gleichsam wie in einem Rahmen (Fig. 56 a b, auf Taf. XXXVIII).

Diese eigenthümliche Lagerung war kürzlich auch Herrn Oudemans aufgefallen, und glaubte er der erste zu sein, der sie entdeckte, während doch schon weit früher Link — in seinen „Ausgewählten anatomisch-botanischen Abbildungen“ Heft III Taf. IV Fig. 8, Berlin 1841 — sie ganz richtig abgebildet hatte. Ich kann mir nicht versagen, die Ansichten Oudemans' über die Ursachen dieser Anordnung hier wiederzugeben. Die Mittheilung wurde von ihm persönlich auf der Versammlung zu Amsterdam im Jahre 1865 gemacht und findet sich verzeichnet in dem „Bulletin du congrès international de botanique et d'horticulture réuni à Amsterdam les 7. 8. 10

et 11. Avril 1865; Rotterdam 1866.“ — M. Oudemans, Sur l'origine des stomates de quelques espèces d'Aneimia pag. 85.

Herr Oudemans sagt wörtlich:

„Quatres solutions se sont présentées à mon esprit (um diese Lage zu erklären) — on peut les formuler en ces termes.

1) „Les stomates sont originaire d'un nucléus, qui après avoir occupé le centre des cellules épidermiques annuliformes, c'est transformé d'abord en cellule — mère puis en deux cellules — filles, séparées par une fente.
2) „Les stomates sont originaire d'une cellule parenchymateuse sous épidermique, qui pénétrant par le milieu de certaines cellules épidermiques, les a transformées en cellules annuliformes et s'est divisée en deux autres semilunaires.
3) „Les stomates doivent être considérés comme provenant d'un poil, composé primitivement de deux cellules, l'une basilaire et autre apicale, et dont la dernière tout en grandissant dans sa moitié inférieure aura fini par détruire la cellule basilaire, en perforant la cellule épidermique du centre de laquelle le poil aurait prit naissance.
4) „Les stomates ne sont que des cellules épidermiques divisées comme de coutume en deux moitiés semilunulaires, par une cloison longitudinale. Leur position extraordinaire au centre des cellules épidermiques doit être expliquée par l'absorption des parois latérales, qui primitivement divisaient les cellules annulaires en plusieurs portions et maintenaient le rapport entre la circonference externe et interne de l'anneau.“

Eine Entwicklungsgeschichte der besagten Organe ist Herrn Oudemans, wie er selbst zugiebt, nicht gelungen, und nun versucht er weiter aprioristisch zu bestimmen, welche seiner vier Wahrscheinlichkeiten die richtige sein möchte. Herr Oudemans hat gesehen, dass die, die Spaltöffnung erzeugende Zelle frühzeitig, noch vor der Theilung in zwei Porenzellen, über die benachbarten Oberhautzellen ragt, — das macht ihm von vorn herein seine beiden ersten Sätze unwahrscheinlich; — für den dritten Satz, dass die Aneimia-Spaltöffnungen Ueberreste von Haaren seien, spricht, sagt er, keine ähnliche Beobachtung (und doch hat Verfasser diesen Satz aufgestellt!!), also bleibt nur das unter vier Gesagte — und wirklich, sagt Oudemans, sprach für vier, sowohl die Beobachtung einer Spaltöffnung, wo eine verbindende Scheidewand zwischen den Porenzellen und der Aussenwand der ringförmigen Oberhautzelle erhalten worden war, wie auch

der Umstand, dass bei andern Aneimien und Farnen alle Scheidewände erhalten bleiben, und die fertige Spaltöffnung inmitten vieler Zellen liegt.

Die Beobachtung der Entwicklungsgeschichte ist bei Aneimia-Arten äusserst schwierig; alle jungen Theile sind mit Haaren dicht bedeckt, und die ersten Anfänge dieser Haare lassen sich von den ersten Anfängen der Spaltöffnungen nur schwierig unterscheiden; ausserdem füllen sich die jungen Gewebe rasch mit Chlorophyll und machen die Bilder undurchsichtig. Immerhin gelang es mir, eine vollständige Entwicklungsreihe zu gewinnen, — diese bestätigt leider die von Oudemans aufgestellten Währscheinlichkeiten nicht.

Die junge Oberhaut besteht aus polygonalen gleichmässigen Zellen; manche dieser Zellen werden zu Urmutterzellen und theilen sich in zwei ungleiche Schwesterzellen (Fig. 52, Taf. XXXVII). Die Specialmutterzelle ist wie bei Chrysodium ähnlichen Farnen gestaltet, U-förmig und berührt mit ihrer Oeffnung die Urmutterzelle. Ihre Scheidewände sind, wie die der übrigen Farnen, nach Innen zu stark geneigt, und sie nimmt, wie man auf Querschnitten sich überzeugen kann, von Anfang an die ganze Höhe der Urmutterzelle in Anspruch.

Nun wächst die Specialmutterzelle sehr bedeutend in ihrer hinteren Hälfte, noch weit bedeutender als dies bei Chrysodium der Fall gewesen, sie rundet sich ab, und die Folge ist, dass sie von ihrer Schwesterzelle immer mehr und mehr umgriffen wird und diese letztere mit ihren Rändern schliesslich vor ihrem vorderen Ende zusammenstösst. — So verlässt die Specialmutterzelle die Wand der Urmutterzelle. — An der Stelle des Zusammenstossens sollte eine doppelte Scheidewand verbleiben, und die später unter den Porenzellen befindliche Oeffnung mit dem Rande der Oberhautzelle verbinden; das Zusammenstossen der Ränder der Schwesterzellen erfolgt aber so frühzeitig, dass diese Scheidewand zunächst unmöglich gesehen werden kann, gleichzeitig aber ihre Resorption beginnt und ein continuirliches Zelllumen alsbald die Spaltöffnung umgiebt. So treffen wir auch etwas höher am Blatte (das Blatt wächst hier wie bei allen Farnen an der Spitze) Zustände, wie sie unsere Fig. 53, Taf. XXXVII vorstellt, die Specialmutterzelle hat bereits die Wand der ursprünglichen Urmutterzelle verlassen, und hat sich, wie auf Querschnitten zu ersehen, stark nach aussen gewölbt. Durch diese Wölbung nach aussen, kommt ihre untere Fläche bald höher denn die sie umgeben-

den Oberhautzellen zu liegen, und wir sehen auf Flächenansichten, zunächst schwach, dann immer stärker (Fig. 54, Taf. XXXVII), eine runde Oeffnung sich zeichnen, die den unteren Rändern der Specialmutterzelle entspricht. Diese Oeffnung wird nachträglich immer grösser und im fertigen Zustande hat sie fast die Grösse der Spaltöffnung erreicht; diese ruht dann nur noch mit ihren Rändern auf der sie umgebenden Oberhautzelle auf, und lässt sich nach der Maceration mit Kali, sehr leicht isoliren. — Bald nachdem die untere Oeffnung sich gezeichnet, erfolgt auch die Theilung, die die beiden Porenzellen erzeugt; diese vergrössern sich rasch (Fig. 55, Taf. XXXVII) und erreichen alsbald ihre normale Grösse. — Die Porenzellen liegen nun mitten in einer Oberhautzelle, deren Wände stark wellig hin und her gebogen sind, und überragen auf Querschnitten die benachbarten Oberhautzellen fast um ihre ganze Höhe (Fig. 57, Taf. XXXVIII).

Wie oben erörtert, zwingen uns theoretische Gründe zu der Annahme einer doppelten Scheidewand, die ursprünglich vorhanden, die beiden Ränder der zusammenstossenden Schwesterzellen bezeichnet, später aber resorbirt wird und meist ohne Spur verschwindet.

Diese theoretischen Gründe waren stark genug, um jede andere Möglichkeit auszuschliessen, und wurden noch wahrscheinlicher durch abnorme Fälle gemacht, wo die fragliche Scheidewand zurückgeblieben und die Porenzellen mit dem äusseren Rande der Oberhautzellen verband. Diese Erscheinung konnte immerhin eine andere denkbare Erklärung finden, und ich suchte denn eifrig nach einem Zwischengliede, welches Chrysodium mit der erwähnten Aneimia verbinden möchte. Lange waren diese Bemühungen fruchtlos, endlich aber fand ich diese Pflanze, und nun waren denn auch alle Zweifel über die Möglichkeit einer anderen Deutung geschwunden.

Die Pflanze, die ich vorhin beschrieben, war Aneimia fraxinifolia, das aufgefundene Zwischenglied: Aneimia villosa. — Ein Blick auf den fertigen Zustand genügte fast, um uns von der Richtigkeit unserer Annahme zu überzeugen.

Die Porenzellen und Oberhautzellen zeigen hier dieselbe Gestalt, dieselbe Anordnung wie bei Aneimia fraxinifolia, nur dass an der Stelle, wo die Ränder der Schwesterzelle zusammenstossen, die erwünschte Scheidewand stets erhalten bleibt (Fig. 50, Taf. XXXVII). — Sie verbindet die untere Oeffnung der Oberhautzellen mit dem äusseren Rande derselben, und liegt ausnahmslos vorne an den Porenzellen, also an der Stelle, wo das Zusammenstossen der Ränder der

Schwesterzelle erfolgt[1]). — Ausserdem kommen hin und wieder Fälle vor, wo selbst erwachsene Porenzellen noch mit ihrem vorderen Ende die Wand der Oberhautzelle berühren, und wir dann fast die nämlichen Blider wie bei Chrysodium erhalten.

In der Entwicklungsgeschichte stimmen beide Aneimien fast vollständig überein, doch verlässt bei Aneimia villosa die Specialmutterzelle später die Wand der Urmutterzelle; — das Zusammenstossen der beiden Ränder der Schwesterzelle erfolgt später (Fig. 49, Taf. XXXVII), lässt sich verfolgen, und mag denn auch erklären, warum eine Resorption der Scheidewand hier nicht mehr erfolgt.

Die fertige Spaltöffnung erscheint auf dem Querschnitte weniger als bei Aneimia fraxinifolia über der Epidermis erhaben, und ein Vergleich der Fig. 48, 51, Taf. XXXVII und Fig. 57, Taf. XXXVIII zeigt, dass auch dieser Querschnitt geeignet wäre, auf einen Uebergang von Chrysodium zu den genannten Aneimien hinzudeuten.

Doch wir kommen nun zu einer Gruppe, zu der das früher besprochene Asplenium bulbiferum gleichsam den Uebergang bildet, wo die Specialmutterzelle nicht mehr durch den ersten, wohl aber einen späteren Theilungsschritt angelegt wird.

Wir wollen auch hier wieder mit dem einfachsten der möglichen Fälle beginnen und finden diesen bei unseren Thymus-Arten.

Bei Thymus serpyllum werden die Mutterzellen ganz wie bei Asplenium bulbiferum, und zwar ohne Ausnahme, Uförmig angelegt, allein es kommt nicht mehr vor, dass die so angelegte Zelle direct die Porenzellen erzeuge; es muss ausnahmslos noch eine Theilung erfolgen. — Bei Asplenium bulbiferum konnte, wie wir wissen, die primäre Mutterzelle sich in eine neue Mutterzelle oder Specialmutterzelle theilen, und zwar in der Weise, dass die neue Zelle, an der Wand ihrer Mutterzelle, dieselbe Stelle behauptete, die einst die ursprüngliche Mutterzelle selbst an der Wand der Urmutterzelle eingenommen. Bei Thymus serpyllum findet gerade das Entgegengesetzte statt; die neue Mutterzelle, gewöhnlich Specialmutterzelle, wird zu

1) Auf anderem Wege wäre die constante Lage dieser Scheidewand nicht zu erklären. — Ausser dieser Scheidewand kommen hin und wieder, doch nur selten, eine oder mehrere andere Scheidewände vor, sie entstehen durch nachträgliche Theilung der die Porenzellen umgebenden Oberhautzelle; nie wird durch ihre Anwesenheit das Vorhandensein der vorderen Scheidewand ausgeschlossen, und können sie einen nur geringen Einfluss auf den Habitus der Aneimia-Spaltöffnung üben. — Ganz verschiedene Bilder erhalten wir dagegen, wenn die Specialmutterzelle die Wand der Urmutterzelle gar nicht verlässt und nachträgliche Theilungen sie noch mit einer grösseren Anzahl von Oberhautzellen umgeben.

hinterst in der primären Mutterzelle angelegt; sie sieht zwar der primären Mutterzelle vollkommen ähnlich, ist aber 180 Grad um ihre Axe horizontal gedreht; so dass die convexen Scheidewände der beiden Zellen sich an zwei Punkten der horizontalen Ebene schneiden müssen (Fig. 58, Taf. XXXVIII).

Wir erhalten hier in einem Worte Bilder, wie wir sie bis jetzt nur für Scheitelzellen gekannt, und als „Theilungen nach zwei Richtungen des Raumes" zu bezeichnen pflegten; — es ist wohl auffallend genug, dass wir dieselbe Theilungsart, unter ganz anderen Verhältnissen, bei gewöhnlichen Oberhautzellen wiederfinden, und wäre sie wohl richtiger als Theilung nach zwei Richtungen der Fläche hier zu bezeichnen.

Die durch den zweiten Theilungsschritt angelegte Zelle erzeugt hin und wieder ganz in derselben Weise noch eine dritte; — allein meist rundet sie sich ab, und wird bereits zur Specialmutterzelle.

Die Theilung in die beiden Porenzellen erfolgt hier (Fig. 59, Taf. XXXVIII) wie in allen bisher besprochenen Fällen in der Weise, dass die Längsaxe der Spaltöffnung die ideale Axe, um die die früheren Theilungen sich gruppirten, unter einem rechten Winkel schneidet. Je nachdem die Specialmutterzelle durch den zweiten oder den dritten Theilungsschritt angelegt worden, erhalten wir im fertigen Zustande Bilder, wie sie unsere Fig. 60 oder Fig. 61, Taf. XXXVIII vorstellt.

Ganz denselben Vorgang, wie wir ihn bei Thymus serpyllum geschildert, treffen wir bei Perilla nankinensis, aber auch einer grossen Anzahl anderer Labiaten; einige interessante Modificationen gelang es mir bei Physostegia virginiana aufzufinden.

Was bei Thymus Ausnahme, wird hier zur Regel, und nach dem fertigen Zustande zu schliessen, müsste die grosse Zahl der Specialmutterzellen durch den dritten Theilungsschritt angelegt werden; ja wie bei Thymus ausnahmsweise den dritten, haben wir hin und wieder hier einen vierten Theilungsschritt angetroffen. Doch erfolgen diese Theilungen nicht wie bei Thymus ohne Unterbrechung. Die Specialmutterzelle der Physostegia kann zwar durch den dritten Theilungsschritt der Urmutterzelle angelegt werden, meist aber wird sie durch den zweiten Theilungsschritt angelegt (Fig. 64, Taf. XXXVIII), und die dritte Theilung erfolgt dann nachträglich, nachdem die Specialmutterzelle angelegt, ja bereits getheilt; sie erfolgt von aussen her um die Porenzellen, und zwar in derjenigen Zelle, welche dieselben von hinten umfasst. Wird die Specialmutterzelle durch den

dritten Theilungsschritt angelegt (Fig. 65 u. 66, Taf. XXXVIII), so erfolgt meist keine nachträgliche Theilung mehr, und wir wären so in beiden Fällen, wenn auch auf etwas verschiedenem Wege, schliesslich doch zu demselben Endresultate gelangt. — Beide Arten der Entwicklung hielten einander das Gleichgewicht und fand ich je nach Umständen bald den einen, bald den anderen vorherrschend. Nur in ganz seltenen Fällen und ganz ausnahmsweise, erfolgte auch in den zu zweit gedachten Fällen eine nachträgliche, also vierte Theilung; diese Theilung musste der dritten Theilung der erstgenannten Fälle entsprechen, hier aber nicht in der hinteren, wohl aber in der vorn an die Porenzellen grenzenden Zelle erfolgen. So erhielten wir im fertigen Zustande Bilder, wie sie unsere Fig. 67 oder Fig. 68, Taf. XXXVIII darstellen.

Bei jungen Oberhäuten ist es leicht, in jedem besonderen Falle anzugeben, durch welchen Theilungsschritt die Specialmutterzelle angelegt worden, ob nachträgliche Theilungen erfolgten, oder ganz ausgeblieben waren; im fertigen Zustande haben sich diese Verhältnisse aber stark verwischt. Auffallender Weise zeigen die scheinbar durch den dritten Theilungsschritt angelegten Spaltöffnungen[1]) nach vorn die Andeutung eines Ringes, einer Hautfalte, die der vierten Scheidewand der Ausnahmefälle entspricht, wie man aber auf Längsschnitten und Flächenansichten sich leicht überzeugen kann, eben weiter nichts als eine Falte der oberen Wand der vorderen Epidermiszelle ist; vielleicht die ersten Anfänge einer Theilung, die nicht mehr zum Abschlusse gelangt.

Während bei den erwähnten Labiaten die Längsachse der Spaltöffnung die ideale Axe, um welche vorhergehende Theilungen sich gruppirten, unter einem rechten Winkel schneidet, werden wir jetzt eine Anzahl Pflanzen kennen lernen, wo beide Axen parallel zu einander laufen. — Bei manchen Euphorbiaceen, namentlich bei Mercurialis-Arten, tritt uns der genannte Fall am einfachsten entgegen.

Bei Mercurialis ambigua wird die Specialmutterzelle nach vorhergegangener Bildung einer primären Mutterzelle durch den zweiten Theilungsschritt angelegt. Die Theilungen (Fig. 70, Taf. XXXVIII) erfolgen ganz wie bei Thymus serpyllum, nur die vordere Oeffnung der U-förmigen Figur dürfte hier etwas weiter, die convexe Wand

---

1) Sowohl in den Fällen, wo die Specialmutterzelle durch den zweiten Theilungsschritt angelegt worden war und eine nachträgliche Theilung erfolgte, als auch in jenen, wo sie erst bei der dritten Theilung entstand.

etwas flacher ausfallen und die so veränderte Gestalt der Mutterzellen, die Theilungsrichtung der Specialmutterzelle im Voraus bestimmen.

Diese Theilung erfolgt nun (Fig. 71, Taf. XXXVIII), wie bereits erwähnt, der Axe der interimistischen Theilungen parallel, und wir erhalten so für den fertigen Zustand sehr charakteristische Bilder (Fig. 72, Taf. XXXVIII). Der Querschnitt (Fig. 73, Taf. XXXVIII) ist eigenthümlich wegen der äusserst starken Verdickung der unteren Wand der Porenzellen.

Während Mercurialis Thymus entspricht und so den einfachsten Fall in dieser Reihe vorstellt, finden wir bei Convolvulaceen, z. B. in Phorbitis hispida (Fig. 74, Taf. XXXVIII), eine Pflanze, bei der die Specialmutterzelle durch den dritten Theilungsschritt angelegt wird, die also im Princip der Physostegia entspricht.

Aeusserst complicirte Fälle treffen wir weiter bei Chenopodiaceen, die complicirtesten bei Cacteen. — Bei Basella alba kann die Zahl der interimistischen Theilungen, die also stets nach zwei Richtungen in einer Fläche erfolgen, bis an die 6-Zahl erreichen und so die fertige Spaltöffnung von einer ganzen Anzahl sichelförmiger, gekrümmter, in einander greifender Zellen umgeben sein. — Auffallender Weise kehrt hier ein ähnliches Verhältniss wie bei Physostegia wieder, und bekommen wir es auch hier mit einer Anzahl nachträglicher, ergänzender Theilungen zu thun. Die Specialmutterzelle wird constant durch den zweiten Theilungsschritt angelegt (Fig. 75, Taf. XXXVIII); bald hat sie sich parallel der Axe der früheren Theilungen getheilt (Fig. 76, Taf. XXXVIII), und nun erst erfolgen die nachträglichen Theilungen, zuerst von der einen (äusseren) (Fig. 77, Taf. XXXVIII), dann von der anderen (inneren) Seite der Porenzellen (Fig. 78, Taf. XXXVIII).

Es ist uns bei Physostegia wohl schon aufgefallen und liesse sich hier am Orte kaum noch übersehen, dass eine scharf bestimmte Theilungsfolge selbst in den nachträglichen Theilungen eingehalten wird.

Stets umfasst bei Basella die erste ergänzende Theilung die Spaltöffnung von der äusseren, die zweite von der inneren Seite; und ganz in derselben Reihenfolge (nicht gegenseitiger Stellung) wären sie angelegt worden, wären sie ohne Unterbrechung auf einander gefolgt.

Wir erhalten so bei Basella im fertigen Zustande Bilder, wie sie unsere Fig. 79, Taf. XXXVIII und ausnahmsweise auch Bilder, wie sie unsere Fig. 80, Taf. XXXVIII vorstellen. — Wie bereits er-

wähnt, verhalten sich die Cacteen, Opuntien ganz ähnlich wie Basella, dies mag denn auch der Grund zu der Aussage Schleiden's, Grundzüge 18. Aufl. pag. 200 gewesen sein: „Zuweilen findet man hier (unter den Porenzellen) eine Verkrüppelung, die bei den Blättern der Opuntien fast gesetzmässig wird, dass sich nämlich drei bis fünf halbmondförmige Zellen bilden, die ziemlich regellos an einander gedrängt sind.“ Hätte Schleiden die Entwicklungsgeschichte besagter Pflanzen verfolgt, er hätte leicht sich überzeugen können, dass diese scheinbare Regellosigkeit sehr wohl geregelt ist.

Mit Basella und den Cacteen haben wir denn auch die höchste Complication erschöpft, die in dieser Gruppe uns vorgekommen, und gehen nun zu einer folgenden über.

Bevor dies aber geschieht, bliebe uns eine Pflanzenabtheilung zu erwähnen, die zwar streng genommen den besprochenen Typus nicht mehr ganz rein vorstellt, immerhin aber hier am geeignetsten Orte unterzubringen wäre: ich meine die Equiseten.

Die Spaltöffnungen dieser Pflanzen sind der Gegenstand wiederholter Untersuchungen gewesen; die letzten und vollständigsten verdanken wir Duval-Jouve und finden sie in seiner „Histoire naturelle des Equisetum de France, Paris 1864“ verzeichnet; die Beschreibung fertiger Zustände auf S. 31 u. f. und auf Taf. III, IV u. V, die Entwicklungsgeschichte auf S. 63 u. f. und Taf. VIII.

Ich führe hier die Hauptmomente der Entwicklung mit Duval-Jouve's eigenen Worten an; pag. 63 heisst es:

„Au lieu des deux grands nucléus que les autres cellules montrent dans le sens de leur rayon, les cellules mères des stomates n'en présentent qu'un seul (pl. VIII, Fig. 6). Peu à peu le nucléus s'agrandit et s'efface, et à lui et à sa cellule-mère, succède une nouvelle cellule un peu ovoide, dont la pointe très obtuse d'ailleurs est dirigée vers l'intérieur. Comme cette nouvelle cellule ne suit point ses voisines dans leur développement en longeur, et qu'elle demeure toujours beaucoup plus courte, il résulte de sa forme arrondie que ses voisines la recouvrent presque en entier par l'avancement de leur angle extérieur. Alors apparaissent très rapidement aux extrémités de son diamètre horizontal deux nucléus latéraux (pl. VIII, Fig. 37). D'abord sphériques ou discoides, il prennent à mesure qu'il se développent un aspect réniforme, et les granules accumulés entre eux deux, et qu'ils refoulent vers la ligne médiane, simulent un ostiole qui n'existe pas encore (pl. VIII, Fig. 4. 8). Enfin ils aboutissent à la division de

la cellule mère en deux cellules longitudinales, contiguées seulement vers l'angle extérieur et aux extrémités de leur cloison de séparation, et un peu séparées à l'intérieur vers le milieu de la ligne de contacte, ce qui continue à simuler un ostiole. Vers le milieu de chacune d'elles se montrent deux nucléus très-inegaux situés dans un même plan horizontal, mais à des prefondeurs differentes (!?!); le plus grand est contre la paroi extérieur à l'opposé de la cloison commune; le plus petit vers la cloison intérieur (pl. VIII, Fig. 5). Leur développement aboutit à la division de chaque cellule en deux autres très-inégales superposées et séparées par une cloison en quart de sphère et dont la convexité est tournée vers le dehors. Le stomate se trouve alors constitué par quatres cellules dont deux extérieures superposées à deux intérieures qu'elles dépassent et qu'elles emboitent" .... und weiter .... „les cellules se disjoignent, et l'ostiole apparait nettement. Les deux cellules extérieurs se disjoignent peu, mais dans leur développement vers les côtés et vers la dedans elles semblent entraîner avec elles les cellules intérieures déjà non contigues vers leur centre, et entre lesquelles l'ouverture devient du double plus large, sans que pourtant, elles se séparent tout à fait à leur extrémité superieure et inferieure."

Ich sah mich genöthigt, die Duval-Jouve'schen Angaben hier fast vollständig wiederzugeben, weil ein Theil derselben entschieden unrichtig, ein anderer wieder mir völlig unverständlich geblieben, und eine blosse kritische Darstellung der Arbeit unter solchen Bedingungen kaum mehr möglich war.

Ich gehe nun zu meinen eigenen Beobachtungen über und hoffe, dass ein Vergleich meiner und Duval-Jouve's Angaben uns schon des Richtigen belehren wird.

Wie freilich folgender Passus bei Duval-Jouve aufzufassen sei: „Peu à peu ce nucléus s'agrandit et s'efface, et à lui et à sa cellule-mère, succède une nouvelle cellule un peu ovoide, dont la pointe très-obtuse d'ailleurs, est dirigée vers l'intérieur", geht auch aus diesem Vergleiche nicht hervor; doch brauche ich auf diese und ähnliche Angaben, denen jede thatsächliche Begründung zu fehlen scheint, auch weiter keine Rücksicht zu nehmen.

Die Ergebnisse meiner Beobachtungen wären nun etwa folgende:

An der Basis eines jungen Internodiums besteht die Oberhaut aus gleichmässigen, in Längsreihen angeordneten, fast viereckigen

Zellen, ganz ähnlich, wie wir sie bei den anfangs besprochenen Monocotyledonen kennen gelernt.

Bald werden Grössenunterschiede zwischen den Zellen bemerkbar, einzelne erscheinen kleiner als ihre Nachbarzellen und möchten durch Theilung aus diesen letzteren entstanden sein; die Grössenunterschiede der Zellen sind aber so gering, dass dieser Punkt in der Entwicklungsgeschichte nicht ganz zu lichten war. Wäre unsere Vermuthung richtig, so müsste bei Equisetum limosum fast jede Zelle der je zweiten Längsreihe sich theilen (Fig. 82, Taf. XXXIX).

Etwas höher am Internodium sieht man an Stelle des einen ursprünglichen Zellkernes der Mutterzelle zwei neue auftreten, und eine schwache, etwas sichelförmig gekrümmte Linie zwischen beiden, etwas seitlich von der Lagsaxe der Mutterzelle sich zeichnen (Fig. 83, Taf. XXXIX). Von der Anwesenheit dieser Linie muss man sich auch auf Querschnitten überzeugen, und sieht nun, dass sie den oberen Rand einer Scheidewand vorstellt, welche von oben nach unten schräg in der Mutterzelle laufend, dieselbe in zwei ungleiche Hälften zerlegt (Fig. 84, Taf. XXXIX). So weit meine Beobachtungen reichen, ist auf Flächenansichten die Convexität dieser Linie (wenn wir uns das Internodium in natürlicher Lage denken) unter dem Mikroskop stets nach links, also in Wirklichkeit stets nach rechts gewendet. Jetzt sehen wir von oben eine zweite solche Linie auftreten, die mit ihrer convexen Seite nach entgegengesetzter Richtung schaut, sich also mit der vorigen schneiden muss (Fig. 86 d, Taf. XXXIX); beide Linien bleiben noch äusserst schwach markirt und wir müssen wieder zu den Querschnitten unsere Zuflucht nehmen.

Hier sehen wir, dass die neue Linie der vorigen entspricht und wie vorige doch in entgegengesetzter Richtung die Mutterzelle schneidet (Fig. 85, Taf. XXXIX). Die ursprüngliche Mutterzelle hat sich bereits in drei Zellen zerlegt: in eine mittlere linsenförmige, die von oben nach unten sich stark erweitert, und zwei halbmondförmige seitliche; nur die zwei Zellkerne, die den halbmondförmigen Zellen gehören, sind von oben deutlich sichtbar. Es wird dieses wohl das Stadium gewesen sein, von dem Duval-Jouve sagt: „les granules accumulés entre eux deux (entre les deux nucléus) et qu'ils refoulent vers la ligne médiane simulent un ostiole qui n'existe pas encore."

Jetzt sieht man auf Flächenansichten eine mittlere scharfe Trennungslinie auftreten (Fig. 86 e, Taf. XXXIX); auf dem Querschnitte überzeugt man sich, dass es der obere Rand einer Scheidewand ist,

welche die mittlere Zelle in zwei gleiche Hälften halbirt (Fig. 87, Taf. XXXIX). Es wird das Moment gewesen sein, wo Duval-Jouve vier Zellkerne, zwei grosse seitliche und zwei kleinere mittlere auftreten sah (vergl. s. Abbild. Fig. 5 auf Taf. VIII).

Die weitere Entwicklung ist nur noch auf Querschnitten zu verfolgen. Duval-Jouve, der sich allein auf Flächenansichten beschränkte, konnte unmöglich hier zu einem genügenden Resultate gelangen.

Auf Querschnitten sieht man die beiden seitlichen Zellen sich convex nach aussen erheben (Fig. 88, Taf. XXXIX) und nach und nach so weit die mittleren Zellen überwachsen (Fig. 89, Taf. XXXIX), dass nur noch ein enger Kanal übrig bleibt, der nach diesen unteren Zellen führt. — Gleichzeitig beginnt von oben und unten her die Bildung der Spalte zwischen den eigentlichen Porenzellen. Auf Flächenansichten erhalten wir, diesem Zustande entsprechend, Bilder wie Fig. 90 u. 91, Taf. XXXIX, und ist es mir unbegreiflich, wie Duval-Jouve zuletzt noch sagen kann, dass die Spalte zwischen den oberen Zellen durch ein Auseinanderweichen derselben Zustände käme, während doch gerade das Entgegengesetzte stattfindet. Wir bekommen auf diese Weise den eigenthümlichen fertigen Zustand der Equiseten-Spaltöffnungen. Bei Flächenansichten sieht man nur (Fig. 92, Taf. XXXIX) die stark mit Kieselerde incrustirten Wände des oberen Zellenpaares, sowie den oberen Rand der Spalte, die nach den Porenzellen führt und mit zierlichen Perlen besetzt erscheint; bei tieferer Einstellung des Mikroskops scheinen auch die unteren Porenzellen und die eigenthümlichen radialen Verdickungsleisten durch, wie ich dies bei g in Fig. 92, Taf. XXXIX angedeutet habe. Besieht man sich zarte Flächenschnitte von unten, so erhält man Bilder wie unsere Fig. 93, Taf. XXXIX. Man sieht das kleinere mittlere Zellenpaar, die eigentlichen Porenzellen (g) inmitten der beiden grossen äusseren Zellen (f) liegen. Die leistenförmige Verdickung befindet sich, wie Duval-Jouve richtig angegeben, zwischen dem äusseren und dem inneren Zellenpaare, allein sie gehört nicht den äusseren Zellen, wie er behauptet, wohl aber den inneren an, über die sie niemals hinausgreift[1]); Duval-Jouve hätte auf Flächenansichten von unten, sich hiervon leicht überzeugen können. —

1) Aehnliche Verdickungsleisten, bis jetzt nur für Equiseten bekannt, habe ich auf der oberen Wand der Porenzellen von Stellis pulchella, einer Orchidee, aufgefunden.

Nach dieser genauen Durchmusterung der Flächenansichten werden uns die Querschnitte (Fig. 94, Taf. XXXIX) und Längsschnitte (Fig. 95, Taf. XXXIX) leicht verständlich sein, um so mehr als ich die entsprechenden Theile hier noch mit gleichen Buchstaben bezeichnet habe. Duval-Jouve's Querschnitte sind nur im Allgemeinen, nicht aber in den Einzelnheiten richtig, und hat er unter anderen die oberen und unteren Höcker der Porenzellen constant übersehen; ebenso haben seine Längsschnitte unter der Annahme gelitten, dass die leistenförmige Verdickung dem äusseren Zellenpaare angehöre, und wird es oft schwer, seine Quer- und Längsschnitte noch in Uebereinstimmung mit seinen Flächenansichten zu bringen.

Wir haben so bei Equisetum limosum einen ganz neuen, ganz eigenthümlichen Fall kennen gelernt. — Die primäre Mutterzelle scheint hier durch einen ähnlichen Theilungsschritt wie bei den Liliaceen angelegt zu werden, während die weiteren Theilungen an die vorhin besprochenen Theilungen nach zwei Richtungen der Fläche erinnern. Die erste Theilung blieb mir fraglich, die Grössenunterschiede der Zellen waren zu gering, um eine sofortige Entscheidung zuzulassen, andererseits konnten wir es hier mit gewöhnlichen Oberhautzellen zu thun haben, die von späteren Theilungen getroffen, in ihrer Längsentwicklung zurückgeblieben waren. Kurzum ich entschloss mich leicht, die Equiseten hier abzuhandeln.

Was das äussere Zellenpaar, die sogenannten oberen Porenzellen anbetrifft, so wären diese morphologisch etwa mit den, die Porenzellen seitlich umgebenden Zellen bei Basella oder den Cacteen zu vergleichen, und liesse sich dann, streng genommen, selbst hier kaum mehr von doppelten Porenzellen reden; physiologisch thätig, als wirkliche Porenzellen, ist ohnehin nur das untere Paar.

Und nun, nachdem wir auch mit diesem Anhange fertig, können wir die zweite Gruppe verlassen und uns zu einer Reihe neuer Beobachtungen wenden.

Auch hier fehlt es an Uebergängen nicht; um diese aber gehörig würdigen zu können, erscheint es mir gerathen, erst mit einem charakteristischen Falle zu beginnen.

Diesen Fall finden wir ohne alle Mühe bei sämmtlichen Crassulaceen, und wähle ich hier als Beispiel zunächst eine Sedum-Art, und zwar Sedum spurium.

Die junge Oberhaut dieser Pflanze besteht aus unregelmässigen, in Längsreihen angeordneten Zellen. Die Zellen in der je zweiten

Längsreihe[1]) beginnen sich zu theilen; zunächst scheinbar ohne alle Ordnung, zeigen alsbald einzelne eine scharf ausgesprochene Theilungsfolge. Diese Theilungsfolge ist, wie wir sehr bald sehen werden, die zweite Art der bisher nur für Scheitelzellen bekannten Theilungen, nämlich die Theilung nach drei Richtungen des Raumes. Unsere Fig. 102, Taf. XXXIX zeigt an mehreren Punkten solche beginnende Theilungen, diese sind hier meist sehr leicht zu verfolgen; in Fig. 103, Taf. XXXIX ist die Zahl derselben schon bedeutend geworden, ja sie kann in manchen Fällen noch höher steigen. Die Scheidewände folgen ohne Unterbrechung auf einander, jede zuletzt angelegte wird von der nächstfolgenden unter einem mehr oder weniger spitzen Winkel getroffen, und durch jeden Theilungsschritt wird je eine Dauerzelle und je eine theilungsfähige Zelle angelegt. Die Theilungen beschreiben so eine Spirale; stets ist es die innerste Zelle, die die theilungsfähige verbleibt; der disponible mittlere Raum wird im Verhältniss immer mehr und mehr verkleinert. Nach einer nicht genau fixirten Anzahl provisorischer Theilungen (bei unserem Sedum meist zwischen 5 u. 8), durch welche Mutterzellen immer höheren Grades angelegt worden, hört auch die mittlere Zelle plötzlich auf, sich in der beschriebenen Weise weiter zu theilen, und wird zur Specialmutterzelle (Fig. 104, Taf. XXXIX). — Die nun folgende Theilung der mittleren Zelle ist meist der letzten Theilung in der Spirale parallel und erzeugt die beiden Porenzellen (Fig. 105, Taf. XXXIX). Die jungen Porenzellen vergrössern sich rasch, und da der disponible Raum zwischen den Nachbarzellen zu ihrer Entwicklung bald nicht mehr reichen will, so greifen sie über jene und verdecken sie immermehr. Gleichzeitig wachsen aber auch die Nachbarzellen unter der Spaltöffnung zusammen, und schliesslich bleibt hier nur noch eine enge Spalte übrig, die nach der Athemhöhle führt. — So kommt die fertige Spaltöffnung mitten über drei Oberhautzellen zu liegen.

Diese die Spaltöffnung unmittelbar umgebenden Oberhautzellen sind auf Längs- und Querschnitten (Fig. 110, Taf. XL) von den entfernteren sehr wohl zu unterscheiden, sie sind kleiner und zartwandiger als jene; was ihre Entwicklung und späteres Wachsthum anbetrifft, so liessen sie sich principiell sehr wohl mit dem oberen Zellenpaare der Equiseten vergleichen; und wir brauchen eigentlich nur unseren Querschnitt (Fig. 110, Taf. XL) umzukehren, um hier ein ganz ähnliches Bild wie bei Equisetum zu bekommen. — Auch

1) Es ist dies eine Eigenthümlichkeit, nur Sedum spurium eigen, die ich bei andern Sedum-Arten nicht angetroffen, auf die ich also auch kein Gewicht lege.

dieses zeigt, wie misslich es wäre von doppelten Porenzellen bei Equiseten zu sprechen, und wie es dann wirklich der individuellen Anschauung eines jeden Forschers anheimgestellt bliebe, in einem fraglichen Falle von veränderten Oberhautzellen, aber auch von doppelten und dreifachen Porenzellen zu sprechen.

Doch eins bliebe noch der Schilderung der interimistischen Theilungen bei Sedum hinzuzufügen. — Wir erinnern uns, dass durch einen jeden Theilungsschritt je eine Dauerzelle und je eine theilungsfähige Zelle angelegt wurde; diese Theilungsweise bewährte sich im Laufe der ganzen Untersuchung; doch kamen hin und wieder auch Ausnahmen vor, die ich kurz noch berühren möchte. Es ereignete sich nicht selten, dass eine Zelle aus der Spirale, die Dauerzelle bereits bleiben sollte, sich auffallender Weise nach drei Richtungen der Fläche zu theilen begann und schliesslich eine Specialmutterzelle erzeugte; ja in manchen Fällen konnte sich dieser Vorgang in mehreren Zellen einer und derselben Spirale wiederholen und die Veranlassung zu ganz eigenthümlichen Gruppirungen fertiger Spaltöffnungen werden. — In Fig. 108, Taf. XL habe ich einen der erwähnten Fälle, freilich nur einen sehr einfachen, verzeichnet; meine Fig. 107 u. 109, Taf. XL bringen dagegen die gewöhnliche Anordnungsweise, und zwar mit nur geringer (Fig. 107, Taf. XL), aber auch mit der grössten Zahl der Theilungen (Fig. 109, Taf. XL), die ich beobachtet habe.

Sämmtliche Crassulaceen stimmen, was die hohe Zahl der Theilungen anbetrifft, mit einander überein, und die Sedum-Arten können sehr wohl zur Charakteristik der ganzen Gruppe dienen. An die Crassulaceen schliessen sich unmittelbar die Begoniaceen[1]), an diese wieder die Plumbagineen an. In diese Gruppe gehören auch sämmtliche Cruciferen, bei denen aber die Zahl der Theilungen schon bedeutend abnimmt und selten mehr denn die Dreizahl erreicht[2]). Weiter folgen dann die Violariceen, Asperifolien und Solaneen (Fig. 100 u. 101, Taf. XXXIX); diese Anordnungsweise ist überhaupt so sehr verbreitet, dass es sonderbar erscheint, wie sie bisher so ganz übersehen werden konnte. An die Solaneen schliessen sich endlich die ganzen Papilionaceen an; hier besonders, theilweise aber auch schon

1) Bei Begoniaceen und anderen Familien können die Spaltöffnungen oft haufenweise auftreten — doch habe ich auf diese Verhältnisse, die entferntere Gründe haben, hier weiter keine Rücksicht genommen.

2) Nur ausnahmsweise bei einzelnen Cruciferen, so z. B. bei Lepidium sativum wird eine so hohe Zahl von Theilungen wie bei Crassulaceen erreicht.

bei Solaneen treffen wir die gewünschten Uebergänge, die diese Gruppe mit der vorhergehenden verbinden. Die Theilung nach den drei Richtungen der Fläche ist bei Papilionaceen nur schwach ausgesprochen, und eine und dieselbe Pflanze bietet meist eine ganze Anzahl eigenthümlicher Fälle und Combinationen, die auf den ersten Blick wohl geeignet wären, uns zu irrthümlichen Schlüssen zu verleiten.

Wie erwähnt, boten uns fast sämmtliche Papilionaceen die nämlichen Verhältnisse der Entwicklung dar, und konnte ich mich auch hier wiederum auf ein einziges Beispiel beschränken; ich wählte als solches Scorpiurus vermiculata [1]).

Schon die Betrachtung fertiger Zustände von Scorpiurus vermiculata — ein Vergleich unserer Fig. 97 u. 98 — lehrt uns, dass hier graduelle Verschiedenheiten in der Entwicklungsgeschichte vorhanden sein müssen und auf die spätere Anordnung der Spaltöffnungen einen Einfluss üben.

Dies beweist denn auch schliesslich unsere Fig. 96, die so gewählt wurde, dass die in ihr verzeichneten jungen Zustände dem fertigen Zustande der Fig. 97 möglichst entsprechen.

Wir sehen bei b Fig. 96 die Specialmutterzelle durch den zweiten Theilungsschritt bereits entstehen, so dass die Spirale nicht einmal durch drei Theilungen abgeschlossen wurde, ausserdem die aufeinanderfolgenden Scheidewände unter weit spitzerem Winkel auf einander treffen, als dies bei den typischen Sedum-Arten der Fall gewesen.

Wir brauchen uns nur die beiden etwas convexen Scheidewände so weit verlängert zu denken, bis sie sich ein zweites Mal schneiden, um die Theilungsrichtung der vorigen Gruppe zu bekommen; und die mit a bezeichneten Fälle beider Figuren haben sich einer solchen Anforderung schon bedeutend genähert, während wir andererseits Fälle wie Fig. 98 finden, wo die Theilungsfolge nach drei Richtungen der Fläche scharf ausgesprochen ist.

Kurzum selbst zwischen scheinbar so differenten Gruppen fehlt es an Uebergängen nicht; denn anders, glaube ich, liesse sich diese Anordnung hier kaum deuten.

Mit der vorhin besprochenen complicirten Theilungsfolge nach drei Richtungen der Fläche scheint denn wohl überhaupt die höchst potenzirte Theilungsfähigkeit unserer Zellen erschöpft zu werden;

---

1) Auch Rumex-Arten verhalten sich ganz wie Scorpiurus.

vergebens habe ich Theilungen nach vier Richtungen der Fläche gesucht, alle meine Bemühungen blieben fruchtlos, und die zweifelhaften Fälle liessen sich mit Hülfe der Entwicklungsgeschichte stets auf andere Verhältnisse zurückführen. — So zeigte es sich, dass mit dieser Theilung nach drei Richtungen der Fläche eine Grenze erreicht war, die weder von Scheitelzellen, noch von unseren Oberhautzellen überschritten werden dürfte, und dass hier überhaupt die progressive Theilungsfähigkeit der Zelle erlischt.

So complicirt auch alle die Theilungen gewesen, die der Entstehung der Specialmutterzelle vorausgehen mussten, stets hat sich in allen den besprochenen Gruppen je eine ursprüngliche Oberhautzelle nur an ihnen betheiligt. Ganz anders wird das Verhältniss in den Fällen, die uns jetzt noch zu betrachten bleiben.

Die Spaltöffnung oder richtiger der Spaltöffnungsapparat verdankt nicht mehr der Urmutterzelle allein seine Entstehung, wohl aber dieser Urmutterzelle und einer wechselnden Anzahl Oberhautzellen, die sie unmittelbar umgeben.

Ich beginne mit einem sehr einfachen Falle, den ich einer Aloe-Art entnehme, und will sogleich auf diesem ersten Beispiele den Zusammenhang dieser Gruppe mit unserer ersten zeigen; das Beispiel wäre Aloe soccotrina. Die Entstehung der Specialmutterzelle bedarf keiner Schilderung, sie wird ganz wie bei unseren einheimischen Orchideen angelegt (Fig. 111, Taf. XL), wächst wie bei diesen Orchideen mehr in ihrer vorderen Hälfte und kommt schliesslich mitten zwischen vier Oberhautzellen zu liegen. Jetzt sieht man in den beiden rechts und links an die Specialmutterzelle grenzenden Oberhautzellen je eine Theilung erfolgen (Fig. 112, Taf XL) und so die Specialmutterzelle alsbald von zwei charakteristischen seitlichen Zellen umgeben.

Die weitere Entwicklung der Specialmutterzelle ist der Entwicklung bei Iris pumila sehr ähnlich, und führt auch hier schliesslich zur Bildung eines Trichters. — Die Porenzellen sind auf dem Querschnitte so eigenthümlich gestaltet, dass ich mich veranlasst fühlte, hier sowohl einen Querschnitt von Aloe soccotrina (Fig. 114, Taf. XL), als auch von Aloe nigricans (Fig. 115, Taf. XL) zu geben; diese wären übrigens auch mit früheren entsprechenden Zeichnungen von v. Mohl, von Schleiden und von Schacht zu vergleichen[1]).

1) Der Wahrheit am nächsten stehen die Schacht'schen Zeichnungen, doch selbst bei diesen (vergl. Abb. auf Taf. III, Fig. 23. Bd. I d. Anat. und Phys.) sind die unteren Höcker der Porenzellen übersehen worden.

Mit dieser Theilung der seitlichen Oberhautzellen, die im Laufe der Beobachtung noch weit ausgeprägter werden soll, tritt uns in der Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen ein neues Moment entgegen; zwar haben wir etwas ähnliches bereits bei Physostegia und Basella kennen gelernt, und erinnern uns, dass, nachdem die Specialmutterzellen dort schon angelegt waren, nachträgliche Theilungen noch um diese erfolgten, allein diese Theilungen trafen nur Mutterzellen, also nur das Theilungsproduct einer einzigen ursprünglichen Urmutterzelle, und nicht wie hier der Urmutterzelle ganz fremde Oberhautzellen.

Zu erinnern bliebe noch, dass sowohl Karsten als auch Oudemans ihre Beobachtungen über Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen an Aloe-Arten gemacht; da ich beider Angaben aber schon in der Einleitung erörtert, so wäre es unnütz, hier wiederholt darauf einzugehen.

An unsere Aloe würden sich vor allem die tropischen Orchideen, doch auch eine ganze Anzahl anderer, höchst verschiedener Pflanzen anreihen. — Wie unmerklich der Uebergang von der ersten Gruppe aus zu dieser stattfindet, davon kann man sich an den genannten Pflanzen sehr leicht überzeugen, und es sind mir im Laufe der Beobachtung sogar Pflanzen vorgekommen, bei denen die seitlichen Theilungen sowohl erfolgen, als auch hin und wieder ausbleiben konnten, ohne einen merklichen Einfluss auf die Entwicklung der Spaltöffnung selbst zu üben.

Sehr scharf, weit schärfer als bei Aloe und den vorhin genannten Pflanzen, treten uns die beiden seitlichen Theilungen bei Claytonia perfoliata (Fig. 118, Taf. XL) (einer Portulacacee) entgegen. Die Entwicklungsgeschichte blieb dabei die nämliche; die Specialmutterzelle wird wie bei Orchis angelegt, bald theilte sie sich in zwei Porenzellen und erst jetzt sah man auch in den beiden seitlichen Oberhautzellen die Theilung erfolgen. Die Beobachtung ist hier weit günstiger als bei den Aloe-Arten, und die Entwicklung lässt sich in allen ihren Einzelheiten verfolgen. — Man sieht zunächst die Zellkerne der beiden seitlichen Oberhautzellen sich an die Specialmutterzelle anlegen (Fig. 116, Taf. XL); man sieht sie langsam sich theilen und kann alsbald das Auftreten der neuen Scheidewand beobachten (Fig. 117, Taf. XL). In seltenen Fällen wiederholt sich die Theilung ein zweites Mal zu innerst der vorigen Theilung, und giebt dann im fertigen Zustande Bilder wie Fig. 119, Taf. XL. Stets bleiben diese seitlichen Zellen bei Claytonia klein und zartwandig, bei weitem

kleiner und zartwandiger, als die entfernteren Oberhautzellen, und fallen bei Querschnitten so sehr in die Augen, dass ich mir nicht versagen konnte, sie mit einigen Worten hier noch zu berühren.

Wir wissen aus v. Mohl's ausgezeichneten Beobachtungen[1]), dass ein gewisser Antagonismus zwischen Porenzellen und benachbarten Oberhautzellen herrscht, und dass äussere Einflüsse, wie Licht und Feuchtigkeit, geeignet sind, bald den einen, bald den anderen das Obergewicht zu verschaffen. — v. Mohl hat Spaltöffnungen von dem Einflusse benachbarter Oberhautzellen zu befreien gesucht, und gezeigt, dass sie dann gegen Wasser zuführende und Wasser entziehende Mittel verschieden denn vorher reagiren. — Nun haben wir bereits eine Anzahl der complicirtesten Theilungen kennen gelernt, die der Bildung der Porenzellen vorausgehen oder sie begleiten, und könnten auch fragen, welchen Nutzen alle diese Theilungen unseren Pflanzen bringen können? — Wir haben gesehen, dass gewisse Oberhautzellen nach 2 Richtungen, andere nach 3 Richtungen der Fläche sich theilen, eine ganze Anzahl Oberhautzellen an der Bildung des Spaltöffnungsapparates sich betheiligen kann, das Endresultat aber stets das nämliche verbleibt, und wir möchten aus allem dem schliessen, dass alle die complicirten Theilungen nur deshalb erfolgen, um die Porenzellen mit dünnwandigen Oberhautzellen zu umgeben, und für eine gegebene Pflanze so den möglichst günstigen Gleichgewichtszustand zwischen den Porenzellen und den Oberhautzellen herzustellen. — Warum so verschiedene Wege hier eingeschlagen werden, um schliesslich doch zu demselben Endresultate zu gelangen, das liesse sich nach dem heutigen Zustande unseres Wissens wohl schwierig nur bis in das Einzelne verfolgen; immerhin würde unsere Beobachtungsreihe für eine grosse Selbstständigkeit in der Entwicklung besagten Organes zeugen und zugleich ein neues, lehrreiches Beispiel von Anpassung an die umgebenden Verhältnisse uns bringen.

Doch nicht die Porenzellen aller Pflanzen sind von veränderten Oberhautzellen umgeben, und ich brauche hier nur an die Spaltöffnungen in unserer ersten Gruppe zu erinnern. — Diesem Uebel wird wohl hin und wieder durch ein Erheben der Porenzellen über das Niveau der benachbarten Oberhautzellen (Fig. 57, Taf. XXXVIII) oder auch durch Einsenken derselben in die Oberhaut (Fig. 10, Taf. XXXV; Fig. 114, 115, Taf. XL) abgeholfen. — Im ersten Falle wird der Einfluss der Oberhautzellen direct vermindert, im zweiten indirect, in-

1) H. v. Mohl, Bot. Zeitg. 1856, pag. 697: Welche Ursachen bewirken die Erweiterung und Verengung der Spaltöffnungen?

dem die Porenzellen nun zwischen schwächer verdickten, also elastischeren Theilen der Oberhautzellen zu liegen kommen. Kurzum auch hier treffen wir wieder die mannigfaltigsten Einrichtungen, die ich aber in einzelne nicht weiter verfolgen kann; ich verweise auf meine Querschnitte und begnüge mich hier auf einige besondere Fälle hingewiesen zu haben.

Auch hätte ich am Schlusse dieser Betrachtung Eins noch hervorzuheben: Es ist bisher gleichgültig von Spaltöffnung oder auch von Spaltöffnungsapparat gesprochen worden, ohne mit dem einen oder dem anderen dieser Ausdrücke einen besonderen Begriff zu verbinden. Auf das im Laufe der Beobachtung Gesagte mich stützend, möchte ich vorschlagen, unter Spaltöffnung einfach nur die beiden Porenzellen, unter Spaltöffnungsapparat dagegen die Spaltöffnung sammt den ihr zugehörigen Oberhautzellen zu verstehen [1]). Diese veränderten Oberhautzellen glaube ich schliesslich Hülfsporenzellen nennen zu dürfen, und möchte die bisher gebrauchten Ausdrücke, wie „doppelte und dreifache Porenzellen" künftighin ganz vermieden sehen. — Doch ich kehre zu der verlassenen Beobachtungsreihe zurück.

An Claytonia schliessen sich zunächst die Musaceen, weiter die Gramineen, Juncaceen, Cyperaceen, Alismaceen, Marantaceen, Proteaceen noch an. — Am besten werden alle die Familien durch die Marantaceen, z. B. durch Maranta bicolor charakterisirt.

Die Specialmutterzellen der Maranta bicolor werden ebenfalls wie bei Orchis angelegt (Fig. 121, Taf. XL); diese Art der Entwicklung scheint also die ganze Gruppe zu charakterisiren. Darauf folgen, wie bei Claytonia, seitliche Theilungen (Fig. 121, Taf. XL), und nachdem die Specialmutterzelle sich vergrössert und sich getheilt (Fig. 122, Taf. XL), noch zwei andere seitliche, zu innerst der vorhin angelegten (Fig. 123, Taf. XL). Wir erhalten so fertige Zustände wie sie Fig. 124 u. 125, Taf. XL vorstellen, wo die Verbindung der beiden letzten Hülfsporenzellen mit den Porenzellen eine sehr innige ist und der Querschnitt des ganzen Apparates dann Bilder wie Fig. 126 uns giebt. Wie erwähnt gehören hierher auch die Proteaceen; die Entwicklungsgeschichte ihrer Spaltöffnungen ist äusserst schwierig, doch lässt sich schon aus dem fertigen Zustande auf ihre Stellung hier schliessen. Freilich muss man dabei nicht mit so verwickelten Fällen wie bei Hakea-Arten, wohl aber mit den einfachsten, so z. B.

1) Die Zugehörigkeit gewisser Oberhautzellen zur Spaltöffnung würde in zweifelhaften Fällen, mit Hülfe der Entwicklungsgeschichte, stets zu entscheiden sein.

mit Grevillea robusta beginnen. Sowohl Flächenansichten (Fig. 127, Taf. XLI) als auch Querschnitte (Fig. 128, Taf. XLI) zeigen, wie gross hier noch die Uebereinstimmung mit Maranta ist. — Von Vergleich zu Vergleich kommen wir so langsam bis zu den Hakea-Arten; besonders lehrreich werden bei Hakea die Ansichten von unten (Fig. 130, Taf. XLI), sowie auch die Querschnitte (Fig. 131, Taf. XLI), während die Ansicht von oben (Fig. 129, Taf. XLI) sehr wenig bietet. — Bekanntlich sind die Spaltöffnungen der Proteaceen der Gegenstand einer besonderen Abhandlung von v. Mohl gewesen[1]). v. Mohl hat sich auf die Beobachtung fertiger Zustände beschränkt[2]); die Arbeit ist schon etwas veraltet, und mag es daher nur kommen, dass manche der v. Mohl'schen Querschnitte nicht mehr ganz mit den meinigen in Uebereinstimmung zu bringen waren, um so mehr, als wir in neuerer Zeit ja gerade v. Mohl (Bot. Zeit. 1856[3])) die besten und genausten Zeichnungen über Spaltöffnungen verdanken. — Nicht gar so schlechte Querschnitte der Hakea-Arten finden sich auch bei Schleiden (Grundz. IV. Aufl. S. 199 Fig. 84); dann weniger richtig auch bei Schacht (Anat. u. Phys. Bd. I Taf. IV Fig. 8). Gleichzeitig gehören die Hakea-Arten zu denjenigen Pflanzen, die besonders oft als Beispiel für doppelte und dreifache Porenzellen angeführt worden sind.

An Hakea reihen sich auch die Banksien an; aus dem Grunde ist auch die Zeichnung Schleiden's (Grundz. IV. Aufl. S. 199 F. 82) nicht ganz richtig.

Weiter wäre jetzt einer Aroideae, Pothos crassinervia zu erwähnen. — Es kommen bei dieser Pflanze nur die beiden seitlichen (Fig. 133, Taf. XLI), aber auch nicht selten eine vordere und hintere Theilung vor (Fig. 132 b, Taf. XLI), und bildet unsere Pflanze gleichsam den Uebergang zu einer neuen Reihe, wo constant alle vier die Spaltöffnungen umgebenden Zellen sich zu theilen pflegen. Eigenthümlich ist der Querschnitt von Pothos crassinervia mit den sonderbar gestalteten oberen Höckern seiner Porenzellen.

Das Beispiel einer Pflanze, wo die Theilung constant in allen

---

1) Hugo v. Mohl, Ueber die Spaltöffnungen bei den Proteaceen. Verm. Schrift. pag. 245.

2) Die sonderbare Lage der Porenzellen bei Hakea-Arten mag Hugo v. Mohl zu der Annahme verleitet haben, dass die Spaltöffnungen ursprünglich dem unter der Oberhaut liegenden Parenchym angehören.

3) Hugo v. Mohl, Welche Ursachen bewirken die Erweiterung und Verengung der Spaltöffnungen?

vieren, die Specialmutterzelle umgebenden Zellen erfolgen, fanden wir unter anderen bei Ficus elastica (Fig. 135, Taf. XLI). — Die Entwicklungsgeschichte lässt sich hier wieder sehr leicht verfolgen, ungeachtet die Oberhautzellen verhältnissmässig klein verbleiben. In den späteren Zuständen stimmt Ficus mit Iris und Agave überein (Fig. 136, Taf. XLI), und es wird ein tiefer Trichter gebildet, der nach den Porenzellen führt. — So sieht man bei Flächenansichten von oben nur runde Oeffnungen in der Oberhaut, und die Porenzellen werden bei Flächenansichten von unten erst sichtbar (Fig. 137 b, Taf. XLI). Sehr lehrreich ist der Querschnitt (Fig. 138, Taf. XLI); wir begegnen hier einem Falle, wo nicht nur die Cuticula, sondern die ganzen Cuticularschichten der Oberhaut sich über die Porenzellen hin bis in die Athemhöhle erstrecken; die Porenzellen haben hier ganz ebenso mächtige Cuticularschichten wie die umgebenden Oberhautzellen gebildet, sind ausserdem so stark verdickt, dass in ihrem Innern kaum noch ein enges Lumen verbleibt. — Eine Flächenansicht und Querschnitt von Ficus elastica finden wir bereits bei Unger (Anat. u. Phys. d. Pfl. 1855 auf S. 190, Fig. 70 A u. B), allein beide so wenig maassgebend, dass sich Unger auf seinen Querschnitt berufen konnte, um die Existenz über einander liegender doppelter Porenzellen zu bezeugen. Dagegen habe ich in Müller's Archiv vom Jahre 1839 auf S. 253 eine längst vergessene Arbeit von Mayen (Beiträge zur Bildungsgeschichte verschiedener Pflanzentheile) aufgefunden, und in dieser eine verhältnissmässig sehr gute Entwicklungsgeschichte der Ficus-Spaltöffnungen angetroffen. — Mayen's Querschnitte auf Taf. XI, Fig. 1 sind bei weitem richtiger als der Unger'sche (er hat nur die über die Porenzellen sich fortsetzenden Cuticularschichten übersehen); seine Zeichnungen zur Entwicklungsgeschichte stimmen mit den meinigen fast völlig überein. Freilich hat auch Mayen nicht gesehen, dass die Specialmutterzellen durch Theilung aus den Oberhautzellen entstehen, er hat die Theilungen um die Specialmutterzelle nicht weiter berücksichtigt, wohl aber die jungen Specialmutterzellen, trotz ihrer späteren Einsenkung, zunächst ganz richtig in einer Ebene mit den gewöhnlichen Oberhautzellen abgebildet und ihre allmähliche Einsenkung beschrieben.

An Ficus elastica schliessen sich die Coniferen an; die Entwicklungsgeschichte habe ich an Salisburia adianthifolia verfolgen können. Die Specialmutterzellen werden wie bei Orchis, oder doch ähnlich (Fig. 134, Taf. XLI) angelegt, durch nachträgliche Theilung der Oberhautzellen in unbestimmten Richtungen wird aber die ursprüngliche

Anordnung alsbald verwischt, und die Specialmutterzellen nun von einer wechselnden Anzahl Oberhautzellen umgeben (Fig. 140, Taf. XLI); in diesen nächsten Zellen erfolgen nun, scheinbar ohne gesetzmässige Reihenfolge, die charakteristischen Theilungen, die die bereits getheilte Specielmutterzelle von einem Kranze charakteristischer Zellen umgeben, wie aus dem fertigen Zustande leicht zu ersehen ist (Fig. 141, Taf. XLI).

Das nämliche gilt auch für andere Coniferen; sehr schön z. B. bei Damara orientalis, auch bei Araucaria imbricata (Fig. 144, Taf. XLII) zu verfolgen. — Die um die Specialmutterzelle angelegten Zellen können mit den übrigen Oberhautzellen gleichen Schritt in der Entwicklung einhalten, so bei Salisburia (Fig. 142, Taf. XLI), oder aber, wie dies meist geschieht, sie stehen im Wachsthume den benachbarten Oberhautzellen nach und betheiligen sich an der Einsenkung der Porenzellen, so bei Araucaria imbricata und bei der Mehrzahl der von Hildebrand[1]) (Bot. Zeit. 1860 auf Taf. IV) gezeichneten Querschnitte[2]).

An die Coniferen reihen sich die Cycadeen an, zwar fehlt es mir hier an einer vollständigen Entwicklungsgeschichte, doch lässt sich schon aus dem fertigen Zustande mit aller Wahrscheinlichkeit auf eine den Coniferen sehr ähnliche Entwicklungsgeschichte schliessen. Ich habe mich in meinen Abbildungen auf einen Querschnitt von Cycas revoluta (Fig. 143, Taf. XLI) beschränkt, und kann, was die Flächenansichten anbetrifft, auf eine kürzlich erschienene Arbeit von Kraus (in den Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. IV. verweisen)[3]).

Die Querschnitte bei Kraus sind kaum richtig zu nennen; in der Abbildung auf Taf. XIX, Fig. 5 z. B. giebt er einen Querschnitt von Cycas revoluta, der weder durch die Mitte, noch genau senkrecht zur Blattfläche geführt worden war[4]), was doch billiger Weise von einem Querschnitte verlangt werden sollte.

Und jetzt bliebe mir nur noch zweier Commelinaceen zu erwäh-

---

1) Hildebrand, Der Bau der Coniferen-Spaltöffnungen und einige Bemerkungen über die Vertheilung derselben. Hierzu Taf. IV Bot. Zeit. 1860, Nr. 17 pag. 149.

2) Hildebrand hat sich auf eine vergleichende Darstellung fertiger Zustände der Coniferen-Spaltöffnung beschränkt, ohne eine Entwicklungsgeschichte derselben zu versuchen; seine Zeichnungen sind nur im Allgemeinen, nicht aber in allen Einzelnheiten richtig, wie z. B. ein Vergleich seines Querschnittes von Araucaria imbricata Taf. 18 Fig. 1 mit dem meinigen Fig. 145 schon lehrt.

3) Auf die Fig. 14, Taf. XX; und namentlich auf die Fig. 18, Taf. XXI; Fig. 25 und 26, Taf. XXII und Fig. 29, Taf. XXIII.

4) Dasselbe gilt von den Fig. 20 auf Taf. XXI, 23 u. 27 auf Taf. XXII.

nen, bei denen ich die höchste Complication, die diese Gruppe überhaupt zu bieten scheint, angetroffen habe. Das Lagerungsverhältniss der Porenzellen zwischen den sie umgebenden Hülfsporenzellen wird hier so auffallend, dass es unmöglich bisher ganz übersehen werden konnte. So finden wir denn Abbildungen von Tradescantia discolor schon bei Krocker jun. (de plantarum epidermide, Fig. 11, 12 u. 13); dann bei Mayen (Neues Syst. d. Pfl.-Phys. Fig. 12, 13 u. 14); und eine freilich mangelhafte Abbildung bei Schleiden (Grundz. IV auf S. 199 Fig. 85 u. 86); ja selbst eine Entwicklungsgeschichte von Tradescantia virginica bei Garreau[1]) in den Ann. d. sc. nat.

Tradescantia zebrina, die ich beobachtet habe, verhält sich, was die Zahl der Theilungen anbetrifft, ganz wie Ficus elastica; nur dass die Theilungen weit schärfer, weit ausgeprägter hier auftreten; Tradescantia sich also zu Ficus ähnlich wie Claytonia zu Aloe verhält und so recht wieder die Reihe charakterisirt. Es erfolgen um die Specialmutterzelle zunächst die beiden seitlichen Theilungen (Fig. 146, Taf. XLII), dann gleichzeitig die vordere und die hintere (Fig. 147, Taf. XLII); der ganze Apparat streckt sich ein wenig und wir erhalten Bilder wie sie Fig. 148, Taf. XLII darstellt. Der Vorgang der Theilung lässt sich hier eben so leicht wie bei Claytonia verfolgen; auch der Querschnitt Fig. 150, Taf. XLII ist Claytonia sehr ähnlich und verdient ebenfalls hervorgehoben zu werden.

Der Verlauf der Entwicklung, wie wir ihn hier angegeben, ist im Wesentlichen bereits richtig von Garreau geschildert worden. Die Entstehung der Specialmutterzellen, durch Theilung aus den Oberhautzellen, hat Garreau zwar nicht gesehen, wohl aber die Theilungen um die Specialmutterzelle richtig beschrieben; der Werth der Angaben wurde auch durch eine Anzahl meist richtiger Zeichnungen erhöht[2]), während dieselben Angaben andererseits unter den eigenthümlichen Ansichten, die der Verfasser über Zelltheilung entwickelt, gelitten haben (so z. B. Fig. 6 l. c.).

Die Arbeit macht überhaupt den Eindruck, als sei es Herrn Garreau mehr um ein Beispiel für seine Zellbildungstheorie, als um die Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen zu thun gewe-

---

1) Mémoire sur la formation des stomates, dans l'épiderme des feuilles de l'éphemère des jardins et sur l'évolution des cellules qui les avoisinent par M. le Dr. Garreau Ann. d. sc. nat. IV. Ser. 1854, p. 213 Tab. 15.

2) Querschnitte sind unter den Zeichnungen Garreau's nicht zu finden, was damit zusammenhängen mag, dass der Querschnitt hier äussert schwierig und es einer Injection des Blattes mit Leim bedarf, um ihn überhaupt gut zu bekommen.

sen, und mag denn auch erklären, warum diese seine Beobachtung so vereinzelt geblieben.

An Tradescantia zebrina schliesst sich als letztes Beispiel Commelina communis an; hier wird die Complication am höchsten, und erfolgen um die Specialmutterzelle (Fig. 151, Taf. XLII) sowohl zwei seitliche (Fig. 152, Taf. XLII), wie auch eine vordere und eine hintere (Fig. 153, Taf. XLII) und schliesslich noch zwei seitliche Theilungen (Fig. 154, Taf. XLII). Diese beiden letzten seitlichen Theilungen werden, wie in allen früheren ähnlichen Fällen, zu innerst der schon vorhandenen seitlichen angelegt, so dass wir im fertigen Zustande das complicirte Bild Fig. 155, Taf. XLII erhalten [1]).

So wäre ich denn zum Schlusse der ganzen Beobachtungsreihe gelangt; höhere Complicationen als die erwähnten sind mir nicht vorgekommen, und die grosse Zahl von Pflanzen aus den verschiedensten Familien, die ich auf ihre Entwicklungsgeschichte untersuchte, haben sich bisher immer an den einen oder den anderen der beschriebenen Fälle anreihen lassen. Bemerkt sei noch, dass ich mich bisher nicht entschliessen konnte, die Marchantiaceen in den Kreis meiner Untersuchungen mit aufzunehmen; das Organ der Marchantiaceen mag den Spaltöffnungen physiologisch ähnlich, es mag ihnen analog sein, als morphologisch gleichwerthig, als homolog werde ich es erst dann bezeichnen, wenn mir verknüpfende Mittelformen zwischen beiden werden vorgekommen sein.

Und nun will ich es versuchen, die Resultate meiner Arbeit übersichtlich zusammenzufassen.

Das allgemeinste Ergebniss wäre:

Die Spaltöffnungen gehören der Oberhaut, sie sind ein Theilungsproduckt gewöhnlicher Oberhautzellen.

Der Vorgang der Theilung bot folgende Eigenthümlichkeiten:

I. Die Spaltöffnung verdankt einer einzigen ursprünglichen Oberhautzelle ihre Entstehung. Iris — Silene — Mercurialis — Sedum.
   1. Die Specialmutterzelle wird durch den ersten und einzigen Theilungsschritt angelegt.
      A. Sie nimmt die ganze Breite der Urmutterzelle in Anspruch (gewöhnliche Zelltheilung): Iris pumila, Hyacinthus orientalis, Orchis latifolia, Sambucus nigra, Ruta

1) Commelina ganz ähnlich verhält sich Pothos argyraea, während Pothos crassinervia bereits an einem andern Orte ausführlich behandelt wurde; die Glieder dieser Gruppe hängen überhaupt sehr innig an einander.

graveolens, Salvinia natans, Selaginella denticulata, Asplenium furcatum.

B. Sie berührt nur die eine Wand ihrer Mutterzelle (eigenthümliche Zelltheilung).

a. Sie wächst mehr in ihrer hinteren Hälfte.

α. Sie verbleibt an der Wand der Urmutterzelle: Silene inflata, Chrysodium vulgare.

β. Sie verlässt die Wand der Urmutterzelle: Ancimia villosa, fraxinifolia.

b. Sie wächst mehr in ihrer vorderen Hälfte: Asplenium bulbiferum.

2. Mehrere interimistische Theilungen (Mutterzellen verschiedenen Grades) gehen der Bildung der Specialmutterzelle voran.

A. Diese Theilungen erfolgen nach zwei Richtungen der Fläche.

a. Die Längsaxe der Spaltöffnung schneidet die ideale Axe, um welche die früheren Theilungen sich gruppirten, unter rechtem Winkel.

α. Es folgen keine weiteren Theilungen auf die Anlage der Specialmutterzelle: Thymus serpyllum.

β. Eine oder mehrere Theilungen folgen auf die Anlage der Specialmutterzelle: Physostegia virginiana.

b. Die Längsaxe der Spaltöffnung ist der ideellen Axe der früheren Theilungen parallel.

α. Es folgen keine weiteren Theilungen auf die Anlage der Specialmutterzelle: Mercurialis perennis, ambigua, Phorbitis hispida. — Als Anhang Equiseten.

β. Eine oder mehrere Theilungen folgen auf die Anlage der Specialmutterzelle: Basella alba, Pereskia aculeata.

B. Diese Theilungen erfolgen nach drei Richtungen der Fläche.

a. Die Zahl der Theilungen nur gering: Papilionaceen, Solaneen, Asperifolien, Cruciferen (die Mehrzahl).

b. Mit hoher Zahl der Theilungen: Crassulaceen, Begoniaceen.

II. Mehrere Oberhautzellen betheiligen sich an der Bildung des Spaltöffnungsapparates: Aloe, Pothos, Coniferen, Tradescantia, Commelina.

1. Die Theilungen treffen nur die beiden seitlich der Special-

mutterzelle gelegenen Zellen: Stanhopea tigrina, Aloe soccotrina, nigricans, Claytonia perfoliata, Musa sapientum, Luzula maxima, Carex Pseudo-Cyperus, Gramineen, Maranta bicolor, Grevillea robusta, Hakea ceratophylla.

2. Die Theilungen treffen sämmtliche die Specialmutterzelle umgebenden Zellen: Pothos crassinervia, Ficus elastica, Salisburia adianthifolia, Araucaria imbricata, Cycas revoluta, Tradescantia zebrina, Commelina communis.

Wie gesagt hat obige schematische Darstellung den Zweck, eine Uebersicht des Ganzen zu erleichtern, deshalb konnte auch auf die Uebergänge keine Rücksicht mehr genommen werden, und muss ich, was diese anbetrifft, auf den Text verweisen.

In Hinweis auf die grosse Zahl von Pflanzen, die ich untersucht habe, möchte ich mich schliesslich der Hoffnung hingeben, dass weitere Untersuchungen in die gegebenen Rahmen sich fügen; jedenfalls zu ihrer Erweiterung, nicht aber zu ihrer wesentlichen Aenderung beitragen werden.

Warschau, im Juni 1866.

Nachtrag.

Meine Arbeit war bereits druckfertig und abgesandt, meine Tafeln in Arbeit, als in der Bot. Zeit. vom 10. August 1866, Nr. 32 ein Aufsatz von F. Hildebrand erschien, bet.: „Ueber die Entwickelung der Farnkraut-Spaltöffnungen".

Dieser Aufsatz konnte aus nahe liegenden Gründen nicht mehr im Texte berücksichtiget werden, — und doch weichen meine und Hildebrand's Angaben in manchen Punkten auseinander.

Da mir keine neueren Beobachtungen zu Gebote stehen, so kann ich auch jetzt nur auf das im Text Gesagte verweisen. Nur die Aneimia-Spaltöffnungen hatte ich Gelegenheit, nochmals einer genauen Prüfung zu unterwerfen. Diese Prüfung hat meine früheren Angaben in allen Punkten bestätigt, und muss ich nur bedauern, meinen Tafeln nicht einige Querschnitte junger Entwicklungszustände von Aneimia-Spaltöffnungen beigegeben zu haben, die das im Text Gesagte noch bekräftigt hätten.

Auf die Differenzen gehe ich hier nicht ein, der aufmerksame Leser, dem der Aufsatz von Hildebrand bekannt, wird sie leicht herauszufinden wissen. Anzuerkennen bleibt, dass Hildebrand der erste gewesen, der auf die complicirten Theilungen, die der Entstehung der Specialmutterzelle vorausgehen können, aufmerksam gemacht, und unter andern auch die Theilungsfolge nach zwei Richtungen der Fläche, bei Cibotium Schiedei (wie ich mich nachträglich noch überzeugen konnte), im Wesentlichen richtig erkannte.

Erklärung der Abbildungen.

Die Zeichnungen wurden mit der Camera lucida bei einer Entfernung von 250 mm entworfen, die Vergrösserungszahl ist einer jeden Zeichnung beigegeben.

Taf. XXXV.

Fig. 1—10. Iris pumila.

Fig. 1. Junge Oberhaut vor dem Auftreten der Specialmutterzellen.

Fig. 2. Junge Oberhaut nach dem Auftreten der Specialmutterzellen. Bei b ist die Entstehung der Specialmutterzelle aus dem vorderen Theile der Urmutterzelle leicht zu verfolgen.

Fig. 3, 4, 5, 6, 7 a u. b. Weitere Entwicklungszustände und Theilung der Specialmutterzellen; bei 6 beginnt die Bildung der Spalte. Die Contouren des sich bildenden Trichters sind zum Theil gezeichnet, zum Theil weggelassen worden.

Fig. 8. Fertige Spaltöffnungen von oben.

Fig. 9. Eine fertige Spaltöffnung von unten.

Fig. 10. Querschnitt einer fertigen Spaltöffnung.

Fig. 11—14. Hyacinthus orientalis.

Fig. 11. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 12. Fertige Spaltöffnung von unten.

Fig. 13. Fertige Spaltöffnung von der Seite.

Fig. 14. Querschnitt einer fertigen Spaltöffnung.

Fig. 15—20. Orchis latifolia.

Fig. 15. Junge Oberhaut nach dem Auftreten des Specialmutterzellen.

Fig. 16, 17, 18. Weitere Entwicklungszustände und Theilung der Specialmutterzellen, bei 18 Bildung der Spalte.

Fig. 19. Fertige Spaltöffnungen von oben.

Fig. 20. Fertige Spaltöffnungen im Querschnitt.

Taf. XXXVI.

Fig. 21—24. Sambucus nigra.

Fig. 21. Auftreten der Specialmutterzellen.

Fig. 22. Weiteres Wachsthum derselben.

Fig. 23. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 24. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 25 u. 26. Ruta graveolens.

Fig. 25. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 26. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 27—30. Salvinia natans.

Fig. 27. Erstes Auftreten der Specialmutterzellen.

Fig. 28. Weitere Entwicklung und Theilung. Die Oberhautzellen beginnen sich convex nach aussen zu wölben.

Fig. 29. Fertige Zustände von oben. Die Oberhautzellen haben sich stark convex nach aussen gewölbt.

Fig. 30. Eine fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 31 u. 32. Selaginella denticulata.

Fig. 31. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 32. Im Querschnitt.

Fig. 33—35. Asplenium furcatum.

Fig. 33. Entwicklungsgeschichte junger Specialmutterzellen.

Fig. 34. Fertige Spaltöffnungen von oben.

Fig. 35. Im Querschnitt.

Fig. 36. Asplenium bulbiferum (die übrigen zu Aspl. bulb. gehörigen Figuren sind auf nächster Tafel nachzusehen).

Fig. 36. Junge Oberhaut nach dem Auftreten der Mutterzellen oder Specialmutterzellen der Spaltöffnungen. Die Theilung bei a erinnert an Orchis, die Theilung bei c ist für die meisten Farne charakteristisch, b hält die Mitte zwischen beiden.

Taf. XXXVII.

Fig. 37—41. Asplenium bulbiferum.

Fig. 37 u. 38. Theilung der Mutterzellen, Erzeugung von Specialmutterzellen oder Mutterzellen höheren Grades.

Fig. 39 u. 40. Fertige Zustände von oben. a in Fig. 39 ward durch den ersten, b durch den zweiten, Fig. 40 durch den dritten Theilungsschritt angelegt.

Fig. 41. Spaltöffnung im Querschnitt; bei a die zweimal durchschnittene Mutterzelle — diese Spaltöffnung muss, wie die Spaltöffnung b in Fig. 39, durch den zweiten Theilungsschritt angelegt worden sein.

Fig. 42—46. Silene inflata.

Fig. 42. Erstes Auftreten der Specialmutterzellen; bei a legt sich der Zellkern der vorderen Wand der Urmutterzelle an, bei b ist die Theilung bereits erfolgt.

Fig. 43 u. 44. Weitere Entwicklungszustände und Theilung der Specialmutterzellen.

Fig. 45. Flächenansicht fertiger Spaltöffnungen von oben.

Fig. 46. Eine Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 47 u. 48. Chrysodium vulgare.

Fig. 47. Spaltöffnung von oben.

Fig. 48. Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 49—51. Aneimia villosa.

Fig. 49. Eine Specialmutterzelle im Augenblicke, wo die Ränder ihrer Schwesterzelle über ihrem vorderen Ende zusammentreffen.

Fig. 50. Eine fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 51. Im Querschnitt.

Fig. 52—55. Aneimia fraxinifolia (die fertigen Zustände auf nächster Tafel).

Fig. 52. Erstes Auftreten der Specialmutterzellen (a u. a junge Haare).

Fig. 53, 54, 55. Weitere Entwicklung und Theilung der Specialmutterzellen. In Fig. 54 beginnt die untere Oeffnung in der ringförmigen Oberhautzelle deutlich aufzutreten.

Taf. XXXVIII.

Fig. 56 a u. b u. 57. Aneimia fraxinifolia.

Fig. 56. Bei a die Spaltöffnung von oben, bei b von unten; man sieht die Oeffnung in der ringförmigen Oberhautzelle.

Fig. 57. Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 58—62. Thymus serpyllum.

Fig. 58. Auftreten der Mutterzellen und Specialmutterzellen: bei a ist die erste, bei b die zweite Theilung bereits erfolgt.

Fig. 59. Theilung in die beiden Porenzellen.

Fig. 60 u. 61. Flächenansichten fertiger Spaltöffnungen von oben.

Fig. 62. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 63—69. Physostegia virginiana.

Fig. 63. Die jüngsten Zustände der Mutterzellen und Specialmutterzellen (a a a Drüsenbildungen auf verschiedenen Stufen der Entwicklung).

Fig. 64. Eine durch den zweiten Theilungsschritt angelegte, bereits getheilte Specialmutterzelle.

Fig. 65 u. 66. Eine durch den dritten Theilungsschritt angelegte Specialmutterzelle und deren Theilung in die beiden Porenzellen.

Fig. 67 u. 68. Flächenansichten fertiger Spaltöffnungen von oben.

Fig. 69. Der Querschnitt.

Fig. 70—73. Mercurialis ambigua.

Fig. 70. Erstes Auftreten der Mutterzellen und Specialmutterzellen; bei a die erste, bei b die zweite Theilung.

Fig. 71. Theilung der Specialmutterzelle und Bildung der Spalte.

Fig. 72. Fertiger Zustand von oben.

Fig. 73. Querschnitt von Mercurialis perennis.

Fig. 74. Phorbitis hispida.

Fig. 74. Flächenansicht einer fertigen Spaltöffnung von oben.

Fig. 75—81. Basella alba.

Fig. 75. Bildung der Specialmutterzelle.

Fig. 76. Theilung derselben.

Fig. 77. Erste Theilung von aussen her um die Porenzellen.

Fig. 78. Zweite Theilung von aussen her um die Porenzellen.

Fig. 79 u. 80. Fertige Zustände von oben.

Fig. 81. Der Querschnitt.

Taf. XXXIX.

Fig. 82—95. Equisetum limosum.

Fig. 82. Erstes Auftreten der Mutterzellen. a gew. Oberhautzelle, b Mutterzelle.

Fig. 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90 u. 91. Weitere Entwicklungszustände. 83, 86, 90 u. 91 sind Flächenansichten; 84, 85, 87, 88 u. 89 die entsprechenden Querschnitte. Bei c ist nur eine, bei d sind zwei, bei e drei Theilungen erfolgt. c in Fig. 83 entspricht dem Querschnitt 84, d in Fig 86 dem Querschnitt 85, e in Fig. 86 dem Querschnitt 87, die Querschnitte 88 u. 89 den Flächenansichten 90 u. 91.

Fig. 92. Flächenansicht einer fertigen Spaltöffnung von oben; bei g ist das obere Zellenpaar weggelassen, die durchscheinenden unteren Porenzellen gezeichnet.

Fig. 93. Flächenansicht einer fertigen Spaltöffnung von unten; f oberes Zellenpaar; g die Porenzellen mit der leistenförmigen Verdickung.

Fig. 94. Querschnitt einer fertigen Spaltöffnung.

Fig. 95. Längsschnitt einer fertigen Spaltöffnung; f und g wie in Fig. 93; h der Trichter.

Fig. 96—99. Scorpiurus vermiculata.

Fig. 96. Auftreten der Specialmutterzellen und Theilung in die beiden Porenzellen.

Fig. 97 u. 98. Fertige Zustände von oben. Die Spaltöffnungen a und a, b und b der Fig. 96 u. 97 haben eine ähnliche Entwicklung gehabt.

Fig. 99. Querschnitt der fertigen Spaltöffnung.

Fig. 100 u. 101. Nolana grandiflora.

Fig. 100. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 101. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 102—106. Sedum spurium (die fertigen Zustände auf nächster Tafel).

Fig 102. Erstes Auftreten der Mutterzellen; bei a die erste, bei b die zweite, bei c die dritte Theilung.

Fig. 103, 104, 105 u. 106. Weitere Entwicklungszustände. Bei d (Fig. 104) Auftreten der Specialmutterzelle, bei e Theilung derselben. In Fig. 105 u. 106 sieht man die benachbarten Oberhautzellen unter die Porenzellen wachsen.

Taf. XL.

Fig. 107—110. Sedum spurium (die fertigen Zustände).

Fig. 107, 108 u. 109. Flächenansichten fertiger Spaltöffnungen. In Fig. 107 ist die enge Spalte angegeben, die die benachbarten Oberhautzellen unter der fertigen Spaltöffnung lassen. In Fig. 108 hat eine Zelle aus der Spirale, die eigentlich Dauerzelle bleiben sollte, die zweite Spaltöffnung b erzeugt.

Fig. 110. Querschnitt einer fertigen Spaltöffnung.

Fig. 111—114. Aloe soccotrina.

Fig. 111. Auftreten der Specialmutterzellen.

Fig. 112. Theilungsvorgänge in den beiden seitlich die Specialmutterzelle umgebenden Zellen a und a.

Fig. 113. Ansicht im fertigen Zustande von oben.

Fig. 114. Querschnitt der fertigen Spaltöffnung.

Fig. 115. Aloe nigricans.

Fig. 115. Querschnitt einer fertigen Spaltöffnung.

Fig. 116—120. Claytonia perfoliata.

Fig. 116. Theilung der Specialmutterzelle in die beiden Porenzellen.

Fig. 117. Theilungsvorgänge in den beiden seitlichen Zellen.

Fig. 118 u. 119. Fertige Spaltöffnungen von oben.

Fig. 120. Eine fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 121—126. Maranta bicolor.

Fig. 121. Auftreten der Specialmutterzellen bei a; Theilungsvorgänge in den beiden Seitenzellen bei b.

Fig. 122—123. Weitere Entwicklungszustände; in Fig. 123 zwei neue Theilungen in den beiden kürzlich angelegten Seitenzellen.

Fig. 124 u. 125. Fertige Zustände von oben.

Fig. 126. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Taf. XLI.

Fig. 127 u. 128. Grevillea robusta.

Fig. 127. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 128. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 129—131. Hakea ceratophylla.

Fig. 129. Ansicht von oben.

Fig. 130. Die Spaltöffnung von unten.

Fig. 131. Querschnitt der fertigen Spaltöffnung.

Fig. 132—134. Pothos crassinervia.

Fig. 132. Erstes Auftreten der Specialmutterzellen bei a; Theilungsvorgänge in allen vieren, die Specialmutterzelle umgebenden Zellen bei b.

Fig. 133. Fertige Spaltöffnung von oben.

Fig. 134. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 135—138. Ficus elastica.

Fig. 135. Erstes Auftreten der Specialmutterzellen bei a; Theilungsvorgänge in den benachbarten Oberhautzellen bei b.

Fig. 136. Ein weiterer Entwicklungszustand; Bildung des Trichters.

Fig. 137 a u. b. Flächenansicht im fertigen Zustande von oben (bei a) und von unten (bei b).

Fig. 138. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 139—142. Salisburia adianthifolia.

Fig. 139. Auftreten der Specialmutterzellen.

Fig. 140. Theilungsvorgänge in den benachbarten Oberhautzellen.

Fig. 141. Fertiger Zustand von oben.

Fig. 142. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 143. Cycas revoluta.

Fig. 143. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Taf. XLII.

Fig. 144 u. 145. Araucaria imbricata.

Fig. 144. Fertiger Zustand von oben.

Fig. 145. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 146—150. Tradescantia zebrina.

Fig. 146. Theilungsvorgänge in den beiden Seitenzellen.

Fig. 147. Theilungsvorgänge in den vorderen und hinteren Oberhautzellen.

Fig. 148. Fertiger Zustand von oben.

Fig. 149. Fertiger Zustand von oben bei gewechselter Einstellung gezeichnet. Alle Scheidewände sind nach innen zu geneigt.

Fig. 150. Fertige Spaltöffnung im Querschnitt.

Fig. 151—155. Commelina communis.

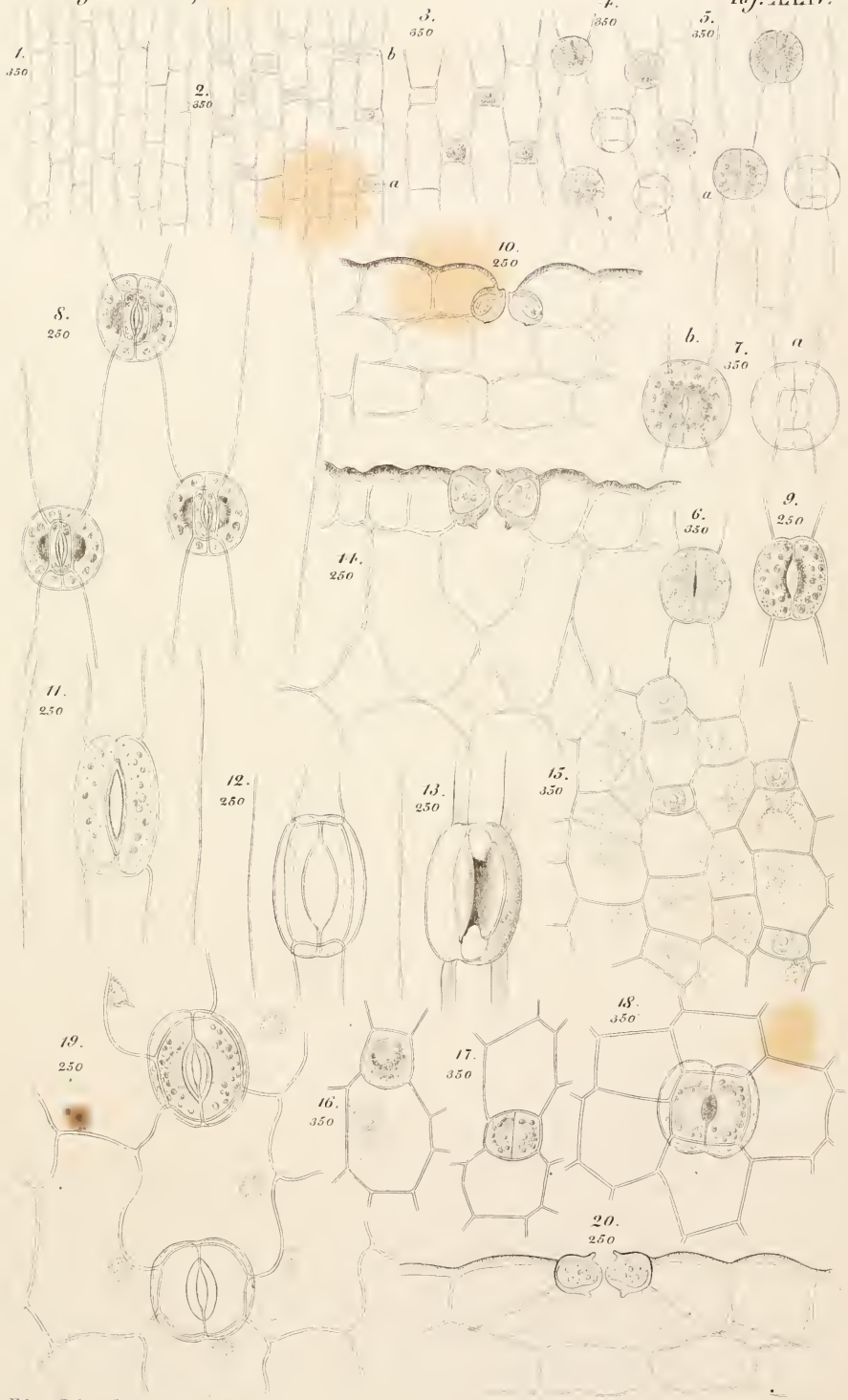
Fig. 151. Erstes Auftreten der Specialmutterzellen.

Fig. 152. Erste Theilung der beiden seitlichen Oberhautzellen.

Fig. 153. Weitere Theilungen der vorderen und hinteren Oberhautzelle.

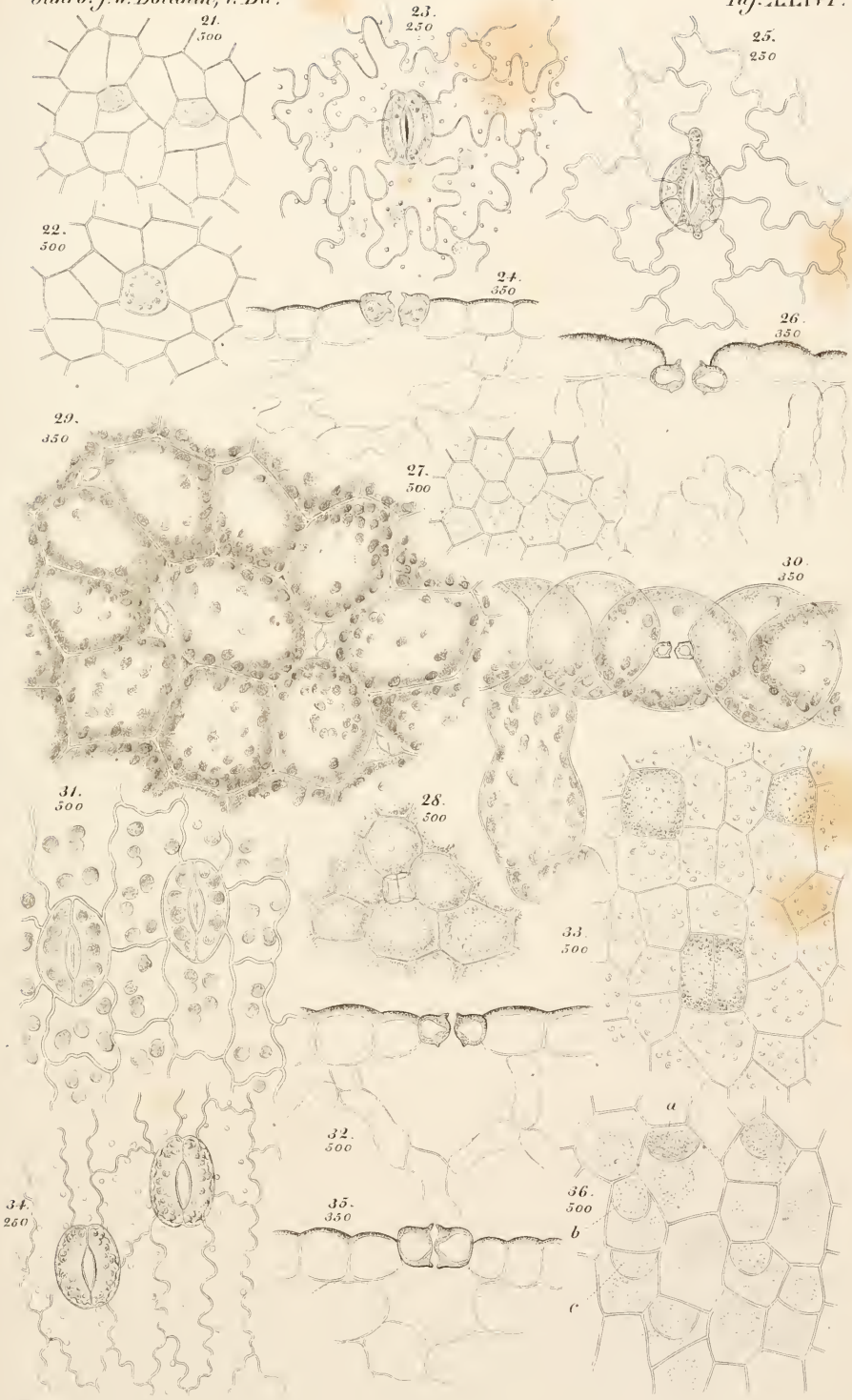
Fig. 154. Nochmalige Theilung der beiden neuangelegten seitlichen Oberhautzellen.

Fig. 155. Fertiger Zustand von oben.



Eduard Strasburger ad nat. del.

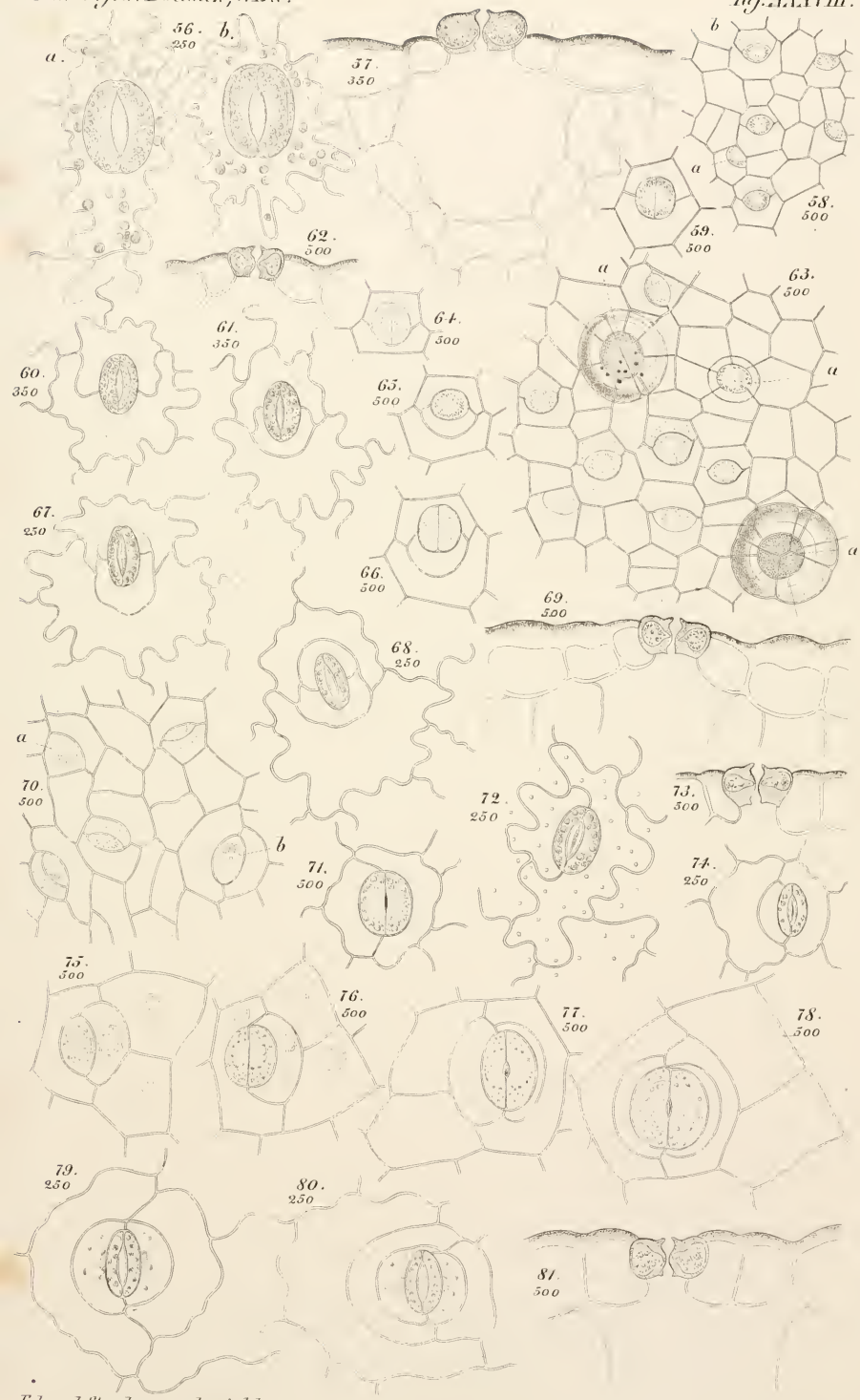
C. Laue lith.



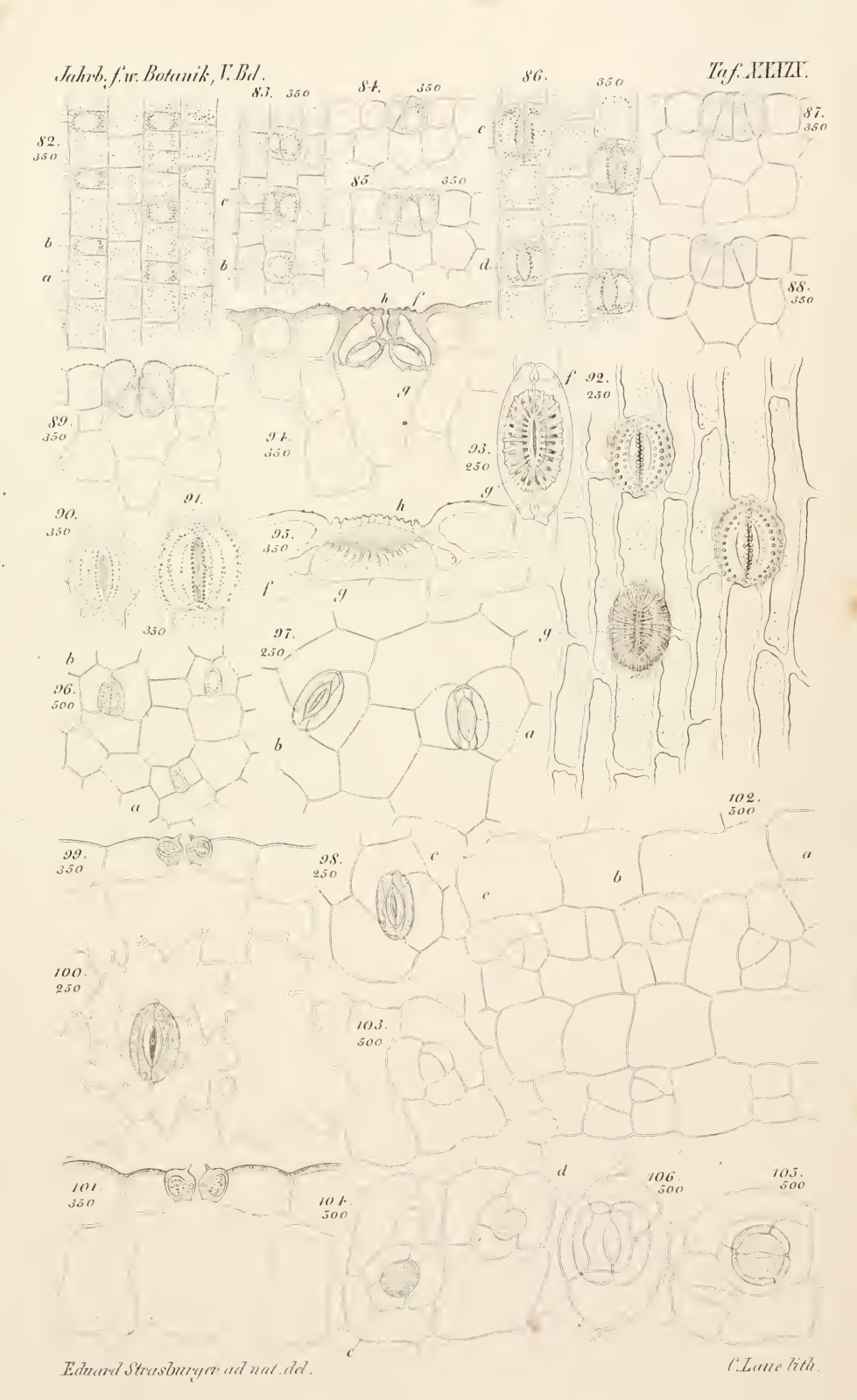
Eduard Strasburger ad nat. del. C. Lane lith.

Eduard Strasburger ad nat. del.

C. Lane lith.

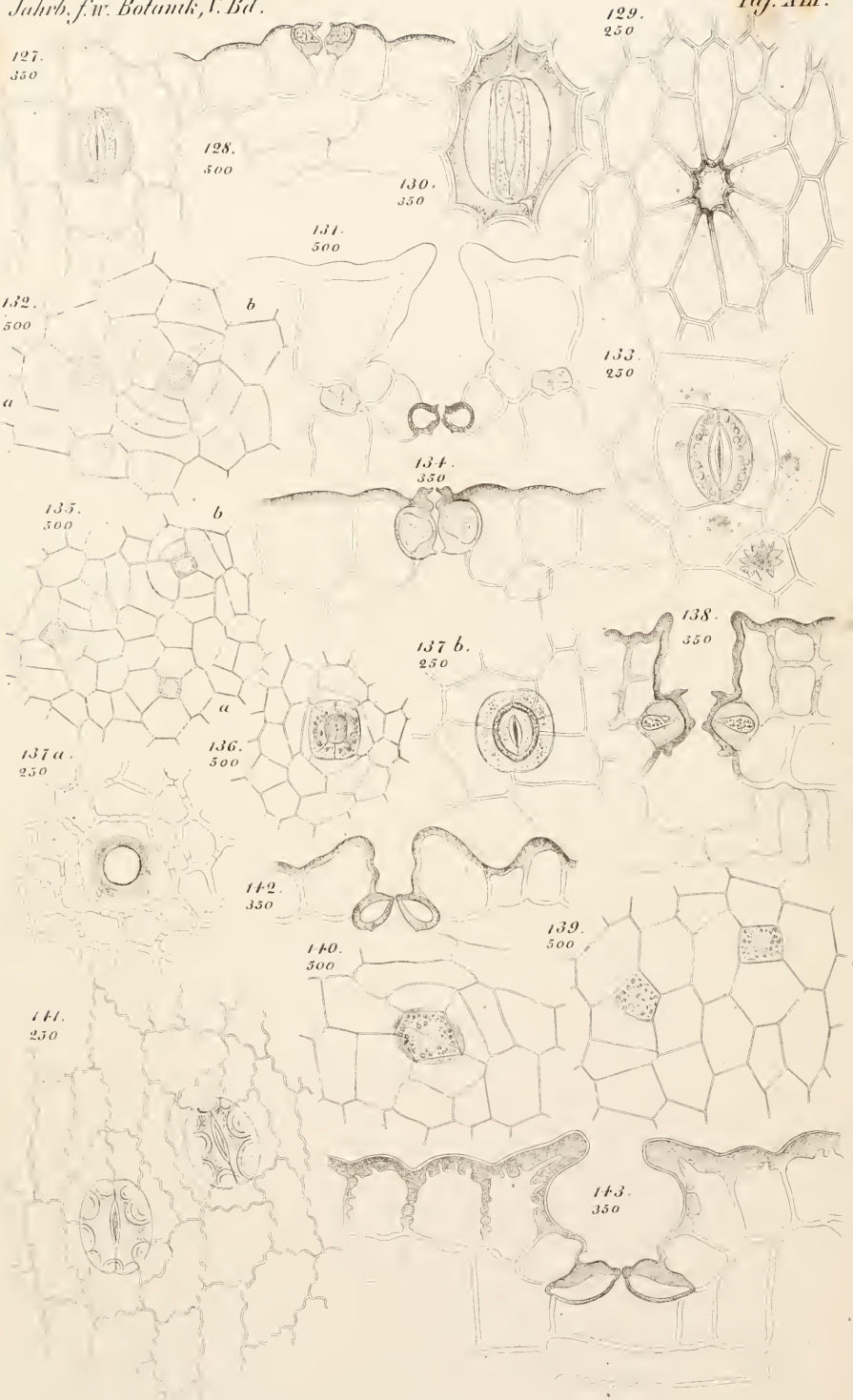


Eduard Strasburger ad nat. del. C. Lanc lith.



Eduard Strasburger ad nat. del. C. Lane lith.

Eduard Strasburger ad nat. del. C. Lanc lith.



Eduard Strasburger ad nat. del.

C. Laue lith.

Eduard Strasburger ad nat. del. C. Laue lith.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik

Jahr/Year: 1866-1867

Band/Volume: 5

Autor(en)/Author(s): Strasburger Eduard

Artikel/Article: Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen. 297-342