

# Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der laubigen Lebermoose

v o n

Dr. L. K n y.

(Als Inauguraldissertation der philosophischen Facultät von Berlin im  
April 1863 überreicht.)

---

Obschon noch keine 200 Jahre verflossen, seit sich die Pflanzenphysiologie als selbstständiges Glied von dem weiten Felde botanischer Forschung abzuzweigen vermochte, konnte sich doch vor wenig Decennien innerhalb derselben eine neue Sonderung in zwei scharf gegen einander abgegrenzte Gebiete vollziehen, von denen nun jedes seine weitere Ausbildung fast unabhängig von dem anderen erfährt. Sowohl historisch, als der Natur der Sache nach, bildet der erste dieser Zweige, die Physiologie der vegetabilischen Zelle, die Grundlage, auf der die Entwicklungsgeschichte der ganzen Pflanze erst dann selbstständig erwachsen konnte, nachdem die wahre Natur und Bedeutung des Elementarorgans in ihren Hauptzügen erkannt und allgemein gewürdigt war. Während sich die Physiologie im engeren Sinne mit der einzelnen Zelle als Individuum beschäftigt, die Bedingungen ihres Entstehens und ihrer organischen Ausbildung erforscht, die Wachsthumerscheinungen der Membran, sowie die Umbildung des flüssigen und festen Inhaltes, soweit es ihr möglich ist, aus dem Zusammenwirken chemischer und physikalischer Kräfte zu erklären versucht und die Zelle so weit geleitet, bis sie die Summe der von aussen aufgenommenen und in ihr unter neuen Formen enthaltenen Kräfte und Stoffe auf zwei oder mehrere neue Generationen zu vertheilen vermag oder in der andauernden Verdickung und häufigen

Verholzung ihrer Membran ihr Lebensziel erreicht und dann abstirbt; knüpft die Entwicklungsgeschichte der ganzen Pflanze an die Theilungsfähigkeit der Zelle an, sucht die Neubildung und das Wachsthum der Organe, aus denen sich der Pflanzenorganismus aufbaut, auf die gesetzmässige Theilung dieser Zellen zurückzuführen und betrachtet es als ihre letzte Aufgabe, die Gesetze zu erforschen, nach denen durch Verzweigung der vegetativen Achse oder durch geschlechtliche Fortpflanzung neue Pflanzengenerationen aus ihren Stammeltern hervorgehen. Obwohl später begründet, als die Physiologie der Zelle, hatte sich die Entwicklungsgeschichte in neuester Zeit einer regeren Theilnahme und vielseitigeren Bearbeitung zu erfreuen als ihre Schwesterwissenschaft; doch war es nur wenigen Forschern gelungen, die Gesetze der Zelltheilung beim Wachsthum der Pflanzenorgane bei einzelnen Gruppen nachzuweisen und mit aller Strenge durchzuführen. Wie für die Beantwortung so vieler anderer Fragen, bildeten auch hier die niedrigsten Pflanzen die Grundlage, an der sich eine neue Methode der Forschung heranzubilden und zu bewähren hatte. Sieht man von den Pilzen und Flechten ab, deren eigenthümlich ausgebildetes Filzgewebe sich in seinem Entwicklungsgange einer gesetzmässigen Betrachtung vollkommen entziehen zu wollen scheint, so waren es zuerst die Algen, bei denen eine genauere Untersuchung zu entschieden günstigen Resultaten führte. Man beobachtete bei ihnen die Keimung der Spore, verfolgte mit aller Genauigkeit die gesetzmässige Richtung der Zelltheilungen und ist nun auf dem besten Wege, unter gleichmässiger Berücksichtigung des morphologischen Aufbaues der Pflanze aus ihren Formelementen und der Entwicklung ihrer Fructificationsorgane eine naturgemässe Anordnung dieser grossen und vielgestaltigen Familie zu entwerfen. Durch diese glänzenden Erfolge ermuthigt, wandte sich die Forschung sehr bald einen Schritt höher zu den so lange fast unbeachtet gebliebenen Lebermoosen, deren genaueres Studium, da sie die zwei grossen Gebiete der Thallus- und Stengel-bildenden Pflanzen mit einander verbinden, besonders fruchtbringend zu werden versprach. Der Weg, den die Wissenschaft auf diesem schwierigen Gebiete zu betreten hatte, wurde zuerst von Nägeli in seiner „Wachsthumsgeschichte der Laub- und Lebermoose“ (Schleiden und Nägeli, Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik II S. 138) näher bezeichnet. Das Studium der Entwicklungsgeschichte, dem bisher jede strenge Begründung gefehlt hatte, wurde hier zum ersten Male in festbestimmte Bahnen gewiesen. Jede Zelle erhielt in streng mathemati-

scher Weise die Bezeichnung, welche ihrer Stellung beim Aufbau des Organismus entspricht; und obschon Nägeli selbst die Entwicklung nur weniger Organe bei einzelnen Lebermoosen verfolgte, so bildet seine Arbeit doch die Grundlage, auf der allein andere Männer mit Erfolg weiter bauen konnten. Was die Untersuchungen Hofmeister's auf unserem Gebiete geleistet, ist allgemein anerkannt. Sie hatten es sich zur Aufgabe gestellt, die Entwicklung der Vegetations- und Fructificationsorgane bei allen fünf Hauptgruppen der Lebermoose zu erforschen, sind aber in der Lösung dieser zwei Hauptfragen verschieden glücklich gewesen. Während das, was Hofmeister über Entstehung und Ausbildung der Antheridien, Archegonien, der in letzteren sich entwickelnden Fruchtanlagen und ihrer Hüllorgane giebt, noch unübertroffen dasteht, ist das Wachsthum und die Verzweigung der Laubachsen, soweit ich dieselben zu untersuchen Gelegenheit hatte, nicht immer richtig und zuweilen viel complicirter dargestellt, als es in der Natur begründet ist<sup>1)</sup>. Wenn ich nun auch, wie aus Nachfolgendem ersichtlich wird, in manchen wesentlichen Punkten zu anderen Resultaten gekommen bin als Hofmeister, so wird man doch bemerken, dass ich seine Angaben noch öfter vollkommen bestätigen konnte, und ich erkenne es gern und dankbar an, dass seine Arbeiten den meinigen überall zum Ausgangspunkt geworden sind. Nachstehende Untersuchungen, welche sich zunächst auf die unblättrten Jungermannien beziehen, sind bestimmt, die Fragen nach dem Wachsthum und der Verzweigung der Laubachsen ihrer Lösung um ein Geringes näher zu führen. Ich ging hierbei, sowohl in meinen Beobachtungen, als in der Darstellung, von dem einfachen Falle, wie ihn Metzgeria bietet, aus, um durch Auseinandersetzung ihrer Wachsthumsgesetze für die Betrachtung der Entwicklung aller höheren Formen, die sich in so vieler Beziehung auf sie zurückführen lassen, eine sichere Grundlage zu gewinnen. Wenn ich deshalb im ersten Theil meiner Abhandlung bei Erörterung bereits bekannter Thatsachen etwas ausführlich verweile, so wird mich, wie ich hoffe, noch der Umstand entschuldigen, dass ich die von Nägeli (Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik II S. 17) vorgeschlagene Terminologie, welche sich aus vielen Gründen weit mehr als seine frühere empfiehlt, hier zum ersten Male ausge-

1) Die Zusätze und Berichtigungen zu seinen früheren Untersuchungen, welche Hofmeister in Pringsheim's Jahrbüchern III, 2 veröffentlicht hat, betreffen wohl die Entwicklung des Stengels blättrter Muscineen und höherer Gefäßkryptogamen, nicht aber das Wachsthum der Laubachsen der blattlosen Lebermoose.

delnter in Anwendung bringe. Ebenso schien es deshalb gerathen, bereits beschriebene Wachstumsverhältnisse in die Darstellung aufzunehmen, weil eine gewisse Vollständigkeit und Abgeschlossenheit derselben wesentlich zur Erleichterung eines übersichtlichen Verständnisses beitragen wird. Vielleicht darf hier noch hinzugefügt werden, dass alles Mitgetheilte auf genauer und wiederholter mikroskopischer Prüfung beruht, und dasjenige, was in der Deutung der erhaltenen Präparate sich nicht als neu ankündigt, wenigstens auf den geringen Werth einer Bestätigung der früheren Auffassungen Anspruch machen darf.

Herrn Professor Nägeli, meinem hochverehrten Lehrer, dessen freundlicher Rath mich während eines grossen Theiles meiner Untersuchungen so wesentlich unterstützt hat, und welchem deshalb diese Abhandlung in ihrer ursprünglichen Form gewidmet war, spreche ich hier nochmals meinen aufrichtigen Dank aus.

### **Metzgeria furcata N. ab E.**

Die in dichtem Rasen wachsenden Pflänzchen stellen eine einfache Zellschicht von geringer, bei den einzelnen Formen verschiedener Breite dar, welche ihrer Länge nach von einer scharf begrenzten, 3—6 Zellschichten starken Mittelrippe durchzogen wird, mit der sie sich in weiteren Abständen anscheinend regelmässig dichotomisch verzweigt. An der Unterseite des Mittelnerve entspringen, nahe dem Vorderende des Sprosses, zwei Reihen kurzer, einzelliger, keulenförmiger Haare (Taf. V Fig. 2 u. 6), die sich, wo sie dem Längengewachstum desselben voraneilen, an ihrem vorderen, freien Theile nach aufwärts krümmen und hierdurch die Vorgänge in der Scheitelregion einigermaßen verdunkeln. Weiter unten entsendet die Mitte der Laubachse zahlreiche Faserwurzeln von unbestimmter Zahl, die eine einfache Verlängerung der Zelle bilden, aus der sie ihren Ursprung nahmen, und an ihrem unteren Ende bei unmittelbarer Berührung einer festen Unterlage in eine vielfach gelappte Haftscheibe ausgehen. Ausserdem treten an den Randzellen meist noch andere Haarbildungen eigenthümlicher Art auf, die indess in ihrer Anordnung keinerlei Regelmässigkeit verrathen und deshalb in Folgendem übergangen werden.

Die Scheitelzelle (Cellula verticalis = V), welche allein das Längengewachstum des Sprosses vermittelt, liegt bei üppigen Exemplaren mit normaler Verzweigung und ohne Bildung von Adventivspros-

sen, immer in einer sanften Einbuchtung am Ende der Frons, genau an der Stelle, wo der Mittelnerv ausgeht (Taf. V Fig. 2 a u. b). Dürftigere Exemplare, besonders solche, die sich durch seitliche Proliferationen vermehren und ein beschränkteres Breitenwachsthum zeigen, tragen die Scheitelzelle an ihrer freien Spitze (Taf. V Fig. 3). Sie ist durch ihren Gehalt an feinkörnigem, grünlich gefärbtem Plasma ohne deutlich umgrenzte Chlorophyllkörperchen von dem älteren Gewebe verschieden und besitzt, von der Fläche gesehen, annähernd die Gestalt eines gleichschenkligen Dreiecks mit nach vorn gerichteter freier (concaver oder convexer) Basis und schwach gebogenen Seitenwänden, die von dem benachbarten Zellgewebe unmittelbar begrenzt sind. Ist der Spross in normalem Längswachsthum begriffen, so theilt sich die Scheitelzelle durch eine Wand, welche einer ihrer Seitenwände parallel ist und auf der Ebene des Laubes senkrecht steht, in eine neue Scheitelzelle des zweiten Grades und eine erste Randzelle (*cellula marginalis* = M) des ersten Grades

$$V^1 = V^2 + {}_1M^1.$$

Die neue Scheitelzelle ist der früheren physiologisch vollkommen gleichwerthig; in ihr wiederholt sich bald darauf der nämliche Vorgang, jedoch mit dem Unterschiede, dass die nun auftretende Scheidewand nicht gleiche Richtung mit der vorigen hat, sondern ihr fast rechtwinklig aufgesetzt ist, dagegen mit der zweiten Seitenfläche der Scheitelzelle des ersten Grades parallel verläuft (Taf. I Fig. 1). Die so entstehende dritte Scheitelzelle verhält sich der ersten wieder analog, die vierte der zweiten u. s. f., woraus im einfachsten Falle ein Organ hervorgeht, dessen Randzellen gegen seine Längsachse abwechselnd nach rechts und links geneigt und einander rechtwinklig aufgesetzt sind. Die gesetzmässige Zelltheilung in der Scheitelregion des Sprosses findet somit ganz allgemein in folgender Formel ihren Ausdruck:

$$V^n = V^{n+1} + {}_nM^1.$$

Nur in den seltensten Fällen werden die aus der Terminalzelle hervorgegangenen  $n^{\text{ten}}$  Randzellen des ersten Grades sofort zu Dauerzellen, wie dies bereits Hofmeister für kümmerlich gedeihende Adventiväste als Ausnahmefall angegeben hat; gewöhnlich sind sie vielmehr ihrerseits von neuem theilungsfähig, wenn auch in begrenzter Weise. Wie aus der Art ihrer Entstehung hervorgeht, besitzen sie drei ebene Flächen, womit sie sich ihren benachbarten Zellen unmittelbar anschliessen, und eine krumme Aussenfläche, welche, indem sie am freien Rande umbiegt, die obere Seite der Laubachse

mit ihrer unteren verbindet. Von der Fläche gesehen, erscheinen sie somit durch vier, nahezu rechtwinklige Linien begrenzt, von denen nur eine frei nach unten liegt. Die erste Theilung der Randzelle ersten Grades erfolgt stets durch eine dem Rande der Frons parallele, ihrer Fläche senkrecht aufgesetzte Scheidewand (Taf. V Fig. 2 und Fig. 2 bei a und b) in eine Randzelle des zweiten Grades und eine erste Flächenzelle des ersten Grades (Cellula planaris = P) nach der Formel:

$$M^1 = M^2 + {}_1P^1.$$

Die Randzelle des zweiten Grades, welche von ihrer Mutterzelle eine ähnliche Grundgestalt gerbt hat, kann sich auf zweierlei Weise vermehren. Entweder setzt sich der letztentstandenen Wand eine senkrechte, mit der Längsachse der Randzelle parallel verlaufende Scheidewand auf, wodurch zwei Randzellen des gleichen Grades, aber der zweiten Generation gebildet werden; oder es entsteht durch eine der letztgebildeten parallele Scheidewand neben einer zweiten Flächenzelle (des ersten Grades) eine Randzelle dritten Grades (Taf. V Fig. 1 und Fig. 2 bei a und b).

Beide Vorgänge finden ihren Ausdruck in den Formeln:

$$M^2 = {}^2M^2 + {}^2M^2,$$

$$M^2 = {}_2P^1 + M^3.$$

Von dem Verhältniss, in welchem im weiteren Verlauf der Entwicklung beide Theilungsarten mit einander abwechseln, hängt zum grössten Theil das habituelle Aussehen der Pflanze ab. Erfolgt die Theilung, besonders am Schluss des Breitenwachsthums, häufiger nach der Formel

$$M^n = {}^2M^n + {}^2M^n,$$

so ist die natürliche Folge hievon, dass sich der Rand der Metzgeriapflanze auf Kosten ihres axilen Theiles beträchtlich ausdehnt und sich über der Scheitelzelle zu beiden Seiten erhebt, wodurch diese in eine flachere oder tiefere Einbuchtung zu liegen kommt. Ist indess die Theilung von  $M^n$  in  $M^{n+1} + {}_n P$  die häufigere, so nimmt die Scheitelzelle ihren Platz am vordersten Ende des Sprosses ein und ragt dann zuweilen mit ihrer Spitze frei nach aussen.

Während sich die Randzellen auf die angegebene Weise gesetzmässig fortentwickeln, hält die Vermehrung der Flächenzellen, welche vier vom Nachbargewebe umschlossene Seitenwände und zwei nach oben und unten liegende freie Aussenwände besitzen, ziemlich gleichen Schritt mit ihnen. Hierbei verhalten sich indess die von den Randzellen des ersten Grades zuerst abgeschiedenen, also inner-

sten Flächenzellen wesentlich anders als die späterer Ordnungen. In diesen tritt zunächst eine der Fläche der ganzen Laubachse parallele Wand auf (Taf. V Fig. 5), wodurch die Flächenzelle in zwei Aussenzellen des ersten Grades (Cellula exterior = E) zerfällt,

$$P^1 = E^1 + E^1.$$

Dieser Theilungsprocess, durch welchen die Bildung des Mittelnerven eingeleitet wird, tritt im günstigsten Falle schon in der dem Scheitel zunächst liegenden ersten Flächenzelle auf, und fehlt nur selten noch der nächst oder zweit älteren; er unterbleibt gänzlich bei kümmerlich gedeihenden Adventivsprossen, welche es gar nicht zur Bildung von Flächenzellen oder doch nicht über die ersten Ordnungen derselben hinausbringen. Jede der neu entstandenen Aussenzellen beginnt nun, sich in der Richtung ihrer freien Aussenwand von neuem zu theilen; die Scheidewand ist, wie vorher, der Ebene der Laubachse parallel (Taf. V Fig. 5), und es entsteht neben einer Aussenzelle des zweiten Grades eine erste Innenzelle (Cellula interior = J),

$$E^1 = E^2 + {}_1J.$$

Hierbei kann die eine der beiden Aussenzellen des ersten Grades der anderen in der Vermehrung vorausseilen, was auch häufig geschieht; es scheint indess nicht, dass dies auf die obere oder untere Seite der Laubfläche ausschliesslich beschränkt ist; und ein solcher Unterschied macht sich in der Folge auch nie in auffallender Weise bemerkbar. Der Mittelnerv besteht nunmehr seiner Dicke nach aus vier Zellschichten. Er bleibt nicht immer dabei stehen, sondern es wiederholt sich vielmehr zuweilen der Theilungsvorgang in einer der oben und unten liegenden Aussenzellen des zweiten Grades oder auch in beiden, wodurch die Dicke der Rippe bis auf fünf oder sechs Zellschichten wächst. Hiermit hat indess der Mittelnerv meist die Grenze seines Dickenwachsthums erreicht, und die weiteren Zelltheilungen in ihm dienen ausschliesslich dazu, seine verschiedenen Schichten zu differenziren. Dies wird besonders dadurch erreicht, dass sich die zuletzt gebildeten Aussenzellen durch Wände theilen, die sowohl gegen die Ebene des Laubes als auch gegen seine Längsachse rechtwinklig gestellt sind (Taf. V Fig. 5), wodurch die Zellen der zwei Reihen, aus denen der Mittelnerv (von oben und unten gesehen) besteht, um die Hälfte kürzer werden ( $E^n = {}^2E^n + {}^2E^n$ ). Die in mehreren Schichten übereinander liegenden Innenzellen theilen sich dagegen durch Längswände, die auf der Laubachse ebenfalls senkrecht stehen, deren Lage aber mit ihrer Wachstumsrichtung übereinstimmt. Bei einem senkrechten Längsschnitt durch die Mitte der Frons (Taf. V

Fig. 4) erscheinen deshalb letztere um das Doppelte (oder Mehrfache) länger als die nach oben und unten liegenden Aussenzellen, während ein ebenfalls senkrecht geführter Querschnitt nicht weit unterhalb der Scheitelregion gerade das umgekehrte Verhältniss zeigt (siehe bei Hofmeister VI Fig. 55). Die lang gezogenen Innenzellen vergrössern sich in den älteren Achsengliedern fortan nur durch weitere Streckung in die Länge; die Aussenzellen dagegen theilen sich (besonders unterhalb der letzten Gabelungsstelle) noch einigemal durch senkrechte Längs- und Querwände, wodurch ihre Zahl mehr als um das Doppelte vermehrt und ihre Anordnung immer unregelmässiger wird.

Alle Flächenzellen des zweiten, dritten und der nächst höheren Ordnungen theilnehmen sich, wie bereits oben bemerkt wurde, nicht an der Bildung der Mittelrippe und besitzen deshalb auch nur eine beschränktere Theilungsfähigkeit. Die Scheidewände treten hier nie parallel, sondern stets senkrecht zur Fläche des Laubes auf. Der seltenere Fall ist, dass sie in der Richtung des Randes verlaufen und so die Breite des Sprosses vergrössern helfen; häufiger kommt es vor, dass ganze Reihen von Flächenzellen, die aus der Theilung einer Randzelle hervorgegangen sind, sich durch Wände theilen, welche der Längsrichtung dieser Randzelle folgen (Taf. V Fig. 8 und 9). Den Theilungen dieser letzten Art hat man es besonders zu verdanken, dass man die Kurven, deren Verlauf mit der Achsenrichtung der von der Terminalzelle ursprünglich abgetrennten Randzellen des ersten Grades wesentlich übereinstimmt, oft noch ziemlich weit unterhalb der Scheitelregion deutlich verfolgen kann.

Bei den eben beschriebenen Theilungsvorgängen sahen wir die Ober- und Unterseite der Laubachse sich vollkommen gleich verhalten. Schon in den jüngeren Theilen tritt indess eine deutliche Verschiedenheit dadurch auf, dass auf der unteren Seite der Frons Haarbildungen verschiedener Art sich zeigen, die bei *Metzgeria furcata* besonders den axilen und peripherischen Theil derselben einnehmen. Der Faserwurzeln wurde schon oben kurz gedacht. Sie können aus jeder auf der Unterseite der Mittelrippe liegenden Aussenzelle und, nach Hofmeister's Angabe, ebenso aus den Zellen des Randes sich bilden, zeigen indess keine bestimmten Stellungsverhältnisse, so dass ihr mehr oder weniger häufiges Erscheinen bei den einzelnen Formen von *Metzgeria* einzig von den äusseren Bedingungen ihres Wachstums abhängig zu sein scheint. Anders verhält es sich mit den kurzen, keulenförmigen, ebenfalls einzelligen Haaren (Taf. V Fig. 2,

4 u. 6), welche immer schon dicht unterhalb der Terminalzelle aus den jungen, kaum erst deutlich angelegten Nerven hervortreten, in der Richtung des Sprosses und demselben innig angeschmiegt, nach voru wachsen und sich mit ihrem vorderen, freien Ende ein wenig nach oben krümmen. Wie sich bei genauerer Prüfung zeigt, ist ihr Entstehen und somit ihre spätere Anordnung an ein ganz bestimmtes Gesetz geknüpft. Aus jeder von den Randzellen des ersten Grades nach innen abgetrennten ersten Flächenzelle ( $_1P$ ) tritt je eines derselben in Form einer kleinen Papille nach unten vor, trennt sich durch eine Scheidewand von seiner Mutterzelle und hat gewöhnlich schon seine volle Grösse erreicht, noch bevor die Mittelrippe an der betreffenden Stelle ihr Dickenwachsthum beendet hat. Es geht aus dieser Entstehungsweise hervor, dass die keulenförmigen Haare eine regelmässige, alternirend zweizackige Stellung an der Mittelrippe einnehmen müssen, und es lässt sich diese Anordnung in der That selbst ziemlich weit unterhalb der Scheitelregion noch deutlich verfolgen. Die Theilungen, welche die ersten Flächenzellen nach dem Hervortreten der Haare, wie wir oben sahen, in der Ebene des Sprosses noch weiter erfahren und die zuletzt zu der Bildung einer kleinzelligen Epidermis führen, erfolgen mit Rücksicht auf die Haare in der Weise, dass die Scheidewände zwischen ihrer Ansatzstelle und der idealen Achse des Hauptnerven entstehen, wodurch die beiden Reihen der Haare seitlich verlaufen und an älteren Theilen der Laubachse weiter von einander entfernt sind als in der jüngsten Region (Taf. V Fig. 2).

Von ganz besonderem Interesse war es, die so äusserst regelmässige Verzweigung von *Metzgeria furcata* bis zu ihren Anfängen zu verfolgen und auf die Zelltheilungsgesetze ihres Längen- und Breitenwachsthums zurückzuführen. Nach der Ansicht aller Botaniker bildet unsere Pflanze den Grundtypus einer echten Gabelung. Hierauf bezieht sich vor allem ihr Speciesname; aber auch von älteren und neueren Forschern <sup>1)</sup> wurde dies ausdrücklich und wiederholt hervorgehoben, zuletzt von Hofmeister (vgl. Untersuchungen S. 23). Wäre diese Ansicht die richtige und hätten wir es hier in der That mit einer wahren Dichotomie zu thun, so müsste sich nothwendig die Scheitelzelle auf irgend eine Weise in zwei neue, in Gestalt und Function einander vollkommen gleichwerthige Scheitelzellen theilen, deren jede als Grundlage eines der beiden Tochttersprosse dessen

1) Nees v. Esenbeck, Naturgeschichte der europ. Lebermoose III S. 493.

Fortentwicklung übernehmen würde. Wie ich mich indess an mehreren jungen Sprossenden, die sich soeben zur Verzweigung angeschickt hatten, überzeugen konnte, verhält sich die Sache wesentlich anders. Die Scheitelzelle, welche in der oben beschriebenen Weise durch abwechselnd nach rechts und links gegen die Hauptachse des Sprosses geneigte Wände zwei Reihen von Randzellen von sich abgliedert hat, die ihrerseits von neuem nach bestimmter Richtung entwicklungsfähig waren, bildet bei beginnender Verzweigung eine neue Randzelle (Taf. V Fig. 8 und 9 bei b), die sich von den vorhergehenden in nichts Wesentlichem unterscheidet, ausser dass sie vielleicht schon von vornherein um ein Geringes breiter ist. Diese Randzelle theilt sich nun, wie gewöhnlich, in eine neue Randzelle des zweiten Grades und eine erste Flächenzelle (nach der Formel:  $M^n = M^{n+1} + „P$ ). Während letztere in ihrer Vermehrungsweise mit allen anderen ersten Flächenzellen übereinstimmt, d. h. an der Bildung des Mittelnervs sich betheiligt, an ihrer Unterseite ein keulenförmiges Haar entsendet (Taf. V Fig. 6 u. 7) u. s. f., wird die Randzelle des zweiten Grades zu einer neuen Scheitelzelle, der zwar noch ihre eigenthümliche Gestalt fehlt, in welcher aber schon jetzt die weiteren Theilungen nach dem Gesetz:  $V^1 = V^2 + {}_1M$  erfolgen. Die erste Wand ist gegen die Längsachse der zur neuen Scheitelzelle gewordenen Randzelle schwach geneigt, und ihrer unteren Seite, womit sie der ersten Flächenzelle angrenzt, aufgesetzt. In allen beobachteten Fällen wendete sie sich von dem Hauptscheitel des Sprosses ab, so dass, wenn dieser links von ihr lag, sie sich nach rechts neigte, und umgekehrt. Die neue Scheitelzelle des zweiten Grades, die aus dieser Theilung hervorgegangen ist, besitzt ebenfalls noch nicht vollkommen die charakteristische Gestalt einer solchen, ist aber in ihrem unteren Theil schon etwas spitzer. Theilt sie sich von neuem in eine Randzelle und eine Scheitelzelle des dritten Grades, so besitzt nun letztere auch äusserlich alle Merkmale einer solchen: sie ist seitlich von zwei, nach unten in spitzem Winkel zusammenstossenden Zellwänden und nach vorn von einer freien Aussenwand begrenzt. Ist der Theilungsprocess bis zu dieser Stufe vorangeschritten, so gelingt es stets, sich aus der gegenseitigen Lagerung der einzelnen Zellen in der Scheitelregion von der Richtigkeit der obigen Darstellung zu überzeugen. Von besonderer Wichtigkeit ist hierbei die allmähliche Abstufung in der Dicke der nacheinander entstandenen Scheidewände: ein Verhältniss, welches sich in der Zeichnung nie vollkommen wiedergeben lässt. Jede der beiden Scheitel-

zellen, von denen die eine dem Hauptspross, die andere dem aus der Randzelle des zweiten Grades hervorgegangenen Zweigspross angehört, entwickeln sich nun, jede für sich, weiter, und gliedern sowohl nach dem Rande zu, als auch nach innen (in der Richtung der anderen) immer neue Randzellen ab (Taf. V Fig. 6, 8 u. 2). Dadurch entfernen sie sich immer weiter von einander, und der sie trennende und ihnen gemeinschaftlich angehörende Mittellappen erhebt sich bei üppigeren Exemplaren ebenso, wie die Seitenränder, über die Scheitelzellen, wenn diese in ihren Theilungen gegen die Vermehrung der Randzellen zurückbleiben. In diesem Mittellappen (Taf. V Fig. 2) lassen sich die Curven, welche auf die gesetzmässige Entstehung der Zellen hindeuten, besonders schön und deutlich verfolgen; sie verflachen sich gegen die Mitte derselben immer mehr und mehr und gehen daselbst zuletzt in eine fast gerade Linie über, die den Mittellappen gewöhnlich nicht genau halbirt. Dies ist in jüngeren Zuständen desselben die einzige Andeutung davon, dass die beiden Tochttersprosse einander nicht vollkommen gleichwerthig sind; bald indess verliert auch dieses Criterium an Deutlichkeit, und nun, wenn der Mittellappen aus 15 oder mehr Zellschichten in der Breite besteht, sieht die Verzweigung einer echten Gabelung täuschend ähnlich, da beide junge Sprosse ganz gleichen Schritt in der Entwicklung mit einander halten. Der mittlere Theil des einschichtigen Lappens, welcher zuerst entstanden ist, hat auch zuerst die Grenze seines Wachsthums erreicht, und die jüngeren Theile überholen ihn sehr bald. Dadurch erheben sich die beiden Tochttersprosse unter einem spitzen Winkel gegen einander aus ihren früheren Vertiefungen, und erst jetzt wird die Verzweigung auch für das unbewaffnete Auge vollkommen deutlich.

Bei dieser gesetzmässigen Verzweigung, der, um ihre innere Natur und ihr äusseres Ansehen zugleich zu bezeichnen, am besten der Name einer „falschen Dichotomie“ ertheilt wird, steht der Mittelnerv des Zweigsprosses mit dem des Haupttriebes in directem Zusammenhange, da sich die von der seitlich neugebildeten Scheitelzelle nach rechts und links abgetrennten ersten Flächenzellen unmittelbar an diejenige erste Flächenzelle anschliessen, welche, indem sie die Basis für den Seitenzweig darstellt, dem Haupttrieb selbst noch vollkommen angehört. Anders verhält es sich bei den sogenannten Adventivzweigen, die, wie bereits aus den Darstellungen von Nägeli und Hofmeister bekannt ist, bei vollkommen erwachsenen Pflanzen aus jedweder Randzelle letzten Grades ihren Ursprung nehmen können.

Irgend eine der letzteren, die sich zu einer „Brutzelle“ umzubilden bestimmt ist, vergrößert sich, wölbt ihren freien Theil um ein Weniges über den Rand nach aussen und zeichnet sich von ihren Nachbarzellen besonders dadurch aus, dass sie ihre Chlorophyllkörperchen verflüssigt und den Farbstoff fast gleichmässig unter das feinkörnige Protoplasma vertheilt. Dadurch erhält sie vollkommen die innere Beschaffenheit einer Scheitelzelle, der sie von nun an auch in den oben entwickelten Gesetzen ihrer Zelltheilungen gleicht. Doch müssen auch hier erst zwei Theilungen nach der Formel  $V^n = V^{n+1} + M$  vor sich gehen, ehe die Scheitelzelle die ihr eigenthümliche dreiseitige, nach unten fein zugespitzte Form erhält; und in sofern sehen wir in der Bildung der Adventivprosse ein vollkommenes Analogon der regelmässigen, scheinbar dichotomischen Verzweigung. Von letzterer ist sie indess durch zwei wesentliche Merkmale verschieden. Vor allem bleiben die durch seitliche Prolifcation entstandenen Achsen nur in den jüngsten Stadien, und auch hier nur lose, mit der Frons der Mutterpflanze in Verbindung. Später trennen sie sich dadurch von derselben, dass der Theil des Laubrandes, auf welchem sie sich entwickelten, sowie eine Partie ihres eigenen basilären Gewebes zerstört wird. Von nun an beginnen sie ihr Wachstum selbstständig fortzuführen, indem sie sich entweder regelmässig verzweigen, oder indem ihre Randzellen des letzten Grades sich von Neuem zur Bildung von Adventivästen anschicken. Ein zweiter Unterschied zwischen den aus Brutzellen entstandenen Zweigen und den normalen besteht darin, dass erstere, weil sie nicht aus Randzellen des zweiten, sondern eines höheren Grades entstanden sind, ihre Mittelrippe ursprünglich nie an die des Hauptsprosses anlegen können. Wo dies am Grunde erwachsener Adventivzweige der Fall ist, hat das lebhafteste Wachstum und die kräftige Ausbildung derselben den unter ihr liegenden Theil der Mutterpflanze erst nachträglich zur Bildung eines verbindenden Seitennerven angeregt. Doch scheint dieser Fall im Ganzen zu den Seltenheiten zu gehören.

### *Aneura pinnatifida* <sup>1)</sup> N. ab E. (var. $\alpha$ . 2 contexta).

Die dunkelgrünen, unregelmässig fiederig verzweigten Pflänzchen wachsen in schwellendem Rasen dicht gedrängt beisammen und bil-

1) Das Material zur Untersuchung dieser und der nächstfolgenden Arten verdanke ich der Güte des Herrn A. Roese, welcher dieselben reichlich bei Schnepfenthal in Thüringen sammelte. Obwohl ihren natürlichen Wachstumsbedingungen entzogen.

den polsterförmige Ueberzüge auf Steinen, welche von klarem Gebirgswasser überfluthet werden. Obschon die Grössenverhältnisse mit denen der *Metzgeria furcata* so ziemlich übereinstimmen, haben beide Pflanzen in ihrem habituellen Aussehen keine nähere Aehnlichkeit mit einander. *Aneura pinnatifida* besteht fast ihrer ganzen Breite nach aus mehreren Zellschichten und verzweigt sich nicht, wie die vorige Art, in regelmässigen Abständen anscheinend dichotomisch, sondern entsendet von gewissen Punkten aus nach verschiedenen Richtungen hin Aeste, deren Entwicklung nicht gleichen Schritt hält, die aber darin mit einander übereinstimmen, dass sie in unregelmässiger Weise die einfache oder doppelte Fiederung höherer Blattformen nachahmen. An seiner Spitze trägt jeder Spross letzter Ordnung, wofern sein Längenwachsthum noch nicht abgeschlossen ist, häufig wieder die Anlage zu weiterer Verzweigung in Form mehrerer nebeneinander liegender Einbuchtungen, deren jüngste Zellen sich durch ihren blasen, an Protoplasma reichen Inhalt, von dem darunter liegenden, mit dunkelbraunen Zellbläschen erfüllten Gewebe in Form einer halbmondförmigen (Taf. VII Fig. 1) bis spitz parabolischen Zone deutlich absetzen.

Die Theilungsvorgänge innerhalb der Scheitelregion werden auch hier, wie bei *Metzgeria*, durch zwei Reihen regelmässig gestellter, aus der Unterseite der Laubachse hervortretender und ihr freies, kolbig angeschwollenes Ende nach oben krümmender Haare (Taf. VI Fig. 1 und Taf. VII Fig. 2) verdunkelt; und da hierzu noch die Schwierigkeiten kommen, welche der Untersuchung daraus erwachsen, dass die Frons in ihrer gesammten Breite bis auf den Rand aus mehreren Zellschichten besteht, so gelingt es nur dann, über die gegenseitige Lagerung der einzelnen Zellen und Zellreihen unterhalb des Scheitels vollkommen klar zu werden, wenn man die unverletzten Sprossenden entweder in mässig concentrirter Kalilösung einigemal aufkocht und sie dann abwechselnd mit Salzsäure und Aetzkali behandelt (wodurch der Zellinhalt noch mehr contrahirt und etwas gebräunt wird) oder sie in kalter Aetzkalilösung mehrere Tage hindurch liegen lässt und hierauf das letzte Verfahren wiederholt. Diese beiden Methoden haben mich, wenn sie, jede für sich oder gemeinschaftlich angewendet wurden, bei allen von mir untersuchten laubigen Jungermanniaceen mit Rücksicht auf die Fragen des Längenwachsthums und der Verzweigung zu einem sicheren Resultat geführt.

wuchs die *Aneura pinnatifida* bei der Cultur in feuchter, kühler Atmosphäre ebenso lebhaft weiter, als *Aneura pinguis* und *Pellia epiphylla*.

Obschon *Aneura pinnatifida* in ihrem Habitus so vieles Abweichende von *Metzgeria* zeigt, theilt sie dennoch in allen wesentlichen Punkten die Gesetze der Entwicklung mit ihr. Im Grunde jeder Einbuchtung, welche das vordere Ende der Sprosse entweder einzeln oder zu mehreren kennzeichnet, liegt auch hier eine Scheitelzelle (Taf. VI Fig. 1), durch deren gesetzmässige Theilung das Längenwachsthum der Pflanze vermittelt wird. Durch die Deutlichkeit des Zellkernes und ihren reicheren Inhalt an trübem Plasma, sowie ihre umgekehrt dreieckige Form ist die Scheitelzelle von dem seitlich sich anschliessenden Gewebe leicht zu unterscheiden, besonders da sie hier nach unten noch mehr zugespitzt erscheint, als bei *Metzgeria*. Wie bei dieser, theilt sie sich durch abwechselnd nach rechts und links gegen die Hauptachse des Triebes geneigte und je einer ihrer Seitenwände parallele Scheidewände in eine Scheitelzelle des nächst höheren Grades und eine erste Randzelle:

$$V^n = V^{n+1} + {}_nM.$$

Indem sich dieser Vorgang in gleicher Weise wiederholt, wird durch die successive entstandenen und einander in spitzen Winkeln aufgesetzten Randzellen des ersten Grades der Grund zu der regelmässigen Anordnung der Zellen gelegt, welche sich unterhalb der Scheitelregion oft mit grosser Deutlichkeit erkennen lässt. Der einfachste Fall, dass ein schwächerer Trieb bei der Bildung der Randzellen des ersten Grades stehen bliebe und das ganze Organ somit nur aus zwei seitlich in einander eingreifenden Zellreihen bestände, habe ich bei *Aneura* nie beobachtet; vielmehr geht die Entwicklungsfähigkeit der Randzellen des ersten Grades hier noch viel weiter als bei *Metzgeria*, und jede derselben giebt zur Entstehung von Zellcomplexen Veranlassung, welche wir bei der vorigen Pflanze vollkommen vermissten. Da, wie in der einleitenden Beschreibung bemerkt wurde, die Dicke des *Aneura*-Sprosses bis zum Scheitel hin mehrere Zellschichten beträgt, dieser aber, als aus der Terminalzelle und den nach beiden Seiten von ihr abgetrennten Randzellen bestehend, mit einem aus einfachen Zellen gebildeten Rande ausgeht, so ist leicht einzusehen, dass sowohl die Scheitelzelle als auch die Randzellen des ersten Grades, weil mehrschichtige Gewebe sich ihnen an der Rückseite unmittelbar anschliessen, eine zu ihrer Länge im Verhältniss bedeutendere Höhe haben müssen, als es bei *Metzgeria* der Fall war. Jede Reihe durch die Scheitelregion successiv geführter vertikaler Längsschnitte (Taf. VII Fig. 2) (die Ebene des Sprosses als horizontal angenommen) bestätigt dies vollkommen und giebt überdies, bei

Vergleichung mit den auf dem oben angegebenen Wege gewonnenen Präparaten, über das Zelltheilungsgesetz beim Wachsthum der Randzellen sicheren Aufschluss. Jede der letzteren zeigt sich am unverletzten Spross von oben durch vier, annähernd senkrecht zu einander stehende Linien begrenzt, von denen die vordere dem freien Rande angehört, während sie im vertikalen Längsschnitt an der Rückseite von einer geraden und am vorderen Ende von einer stark convexen Linie abgeschlossen wird, welche letztere die Oberseite der Laubachse mit ihrer Unterseite verbindet. Die erste Theilung der Randzelle des ersten Grades erfolgt auch bei *Aneura pinnatifida* durch eine dem Rande parallele, zu den beiden Seitenwänden und zur Ebene des Sprosses senkrechte Scheidewand, in eine Randzelle des zweiten Grades und eine erste Flächenzelle:

$$M^1 = M^2 + {}_1P.$$

Die Randzelle des zweiten Grades hat von ihrer Mutterzelle die gleiche Gestalt geerbt, ist aber nicht, wie diese, auf eine einzige Art der Theilung beschränkt. Entweder wiederholt sich in ihr der eben beschriebene Vorgang, wodurch eine Randzelle des dritten Grades neben einer zweiten Flächenzelle entsteht ( $M^n = M^{n+1} + {}_n P$ ); oder sie theilt sich in gleicher Weise, wie bei *Metzgeria*, in zwei Randzellen desselben Grades, aber der zweiten Generation ( $M^n = {}^2M^n + {}^2M^n$ ). Indem beide Formen auf verschiedene und mannigfache Art mit einander abwechseln und die Theilungsfähigkeit der Randzellen schon früh oder erst später erlischt, gewinnen die einzelnen Sprosse ein höchst verschiedenartiges Aussehen; immer aber stimmen sie darin überein, dass die von den einzelnen Zellreihen gebildeten Curven, welche je einer Randzelle des ersten oder eines nächst höheren Grades entsprechen und bei günstigen Exemplaren ziemlich weit unterhalb des Scheitels noch mit Sicherheit verfolgt werden können, von den beiden Seitenrändern ausgehend, sich in der Achse des Sprosses unter einem rechten oder spitzen Winkel kreuzen, während die auf derselben Seite nebeneinander verlaufenden sich nach aussen schwach fächerartig von einander entfernen. Wir werden im Folgenden sehen, auf welche Weise sich diese fächerartige Anordnung durch die stärkere Entwicklung und Dehnung der axilen Gewebspartieen in den älteren Theilen der Sprosse wieder verwischt.

Die dem Scheitel zunächst liegenden Randzellen, deren Zahl sich durch den zweiten Modus der Zelltheilung ( $M^n = {}^2M^n + {}^2M^n$ ) andauernd vermehrt, zeigen, gleich der Terminalzelle, einen an Protoplasma reichen, grün gefärbten, körnigen Inhalt, in welchem noch

keine Spur der braunen Zellbläschen erkennbar ist (Taf. VII Fig. 2 [vgl. Fig. 1]). Ihre hintere Wand, welche sie von der jüngsten Flächenzelle trennt, krümmt sich bald ebenso, wie die freie Aussenwand, ziemlich stark convex, wodurch die Randzelle im Längsdurchschnitt die Gestalt des „Hauptschnittes einer biconvexen Linse“, die von ihr abgetrennte Flächenzelle hingegen die eines „einfachen Meniscus“ gewinnt. Der Hauptunterschied in der Entwicklungsgeschichte von *Aneura pinnatifida* und *Metzgeria* beruht nun darin, dass sich bei ersterer nicht nur die Flächenzellen erster Ordnung ( ${}_1P$ ), sondern alle entstehenden Flächenzellen an dem Dickenwachsthum der Pflanze betheiligen können, und deshalb von einem Mittelnerven in dem Sinne, wie bei *Metzgeria*, hier nicht die Rede sein kann. Auch die späteren Flächenzellen, deren Höhe gewöhnlich ihre Länge um das Dreifache übertrifft, verrathen ihre Natur als Theilungszellen durch ihren an grüntingirtem Plasma reichen, mit nur äusserst kleinen Chlorophyllkörperchen vermischten Zellinhalt. Die zuerst in ihnen auftretende Scheidewand ist der Ebene des Sprosses parallel und theilt die Flächenzelle in zwei Aussenzellen, von denen die eine nach oben, die andere nach unten zu liegen kommt,

$$P^1 = E^1 + E^1.$$

Wenn die Lage dieser ersten Scheidewand auch nicht immer genau eine mittlere ist und die beiden Aussenzellen deshalb in ihrer Grösse nicht vollkommen mit einander übereinstimmen, so ist ihr Entwicklungsgesetz doch genau dasselbe. Jede derselben theilt sich, der Zeit nach unabhängig von der anderen, in eine erste Innenzelle und eine Aussenzelle des zweiten Grades ( $E^1 = E^2 + {}_1J$ ) und letztere setzt diese Vermehrung noch einigemal in derselben Weise fort, bis durch die Theilung der Aussenzelle des letzten Grades in zwei, vier und mehrere Aussenzellen desselben Grades aber höherer Generationen das Wachsthum in die Dicke beschlossen wird; wenigstens konnte es nie mit Sicherheit beobachtet werden, dass eine Aussenzelle zweiter Generation noch neue Innenzellen von sich abtrennt hätte. Die Dicke des axilen Gewebes der Laubachse wächst hierdurch gewöhnlich bis auf acht Zellschichten und bleibt meist dabei stehen, indem alle weiteren Theilungen, deren Zahl übrigens sehr beschränkt ist, von den Innenzellen ausgehen ( $J = {}^2J + {}^2J$ ). Weit mehr, als die Theilung derselben, trägt ihre grosse Längsdehnung dazu bei, der andauernden Verbreiterung des Randes durch die oben beschriebenen Vorgänge ( $M^n = {}^2M^n + {}^2M^n$ ) das Gleichgewicht zu halten. Man sieht deshalb an erwachsenen Pflanzen, dass, während der freie Rand und

die obere und untere Epidermis des Laubes aus kleinzelligem Gewebe bestehen; die Längsachse der Innenzellen ihre Ausdehnung in der Breite um das 8—10 und mehrfache übertrifft.

Vergleicht man die Randzellen am Scheitel mit denen späterer Grade, die sich schon weiter von ihm entfernt haben, mit Rücksicht auf die Lebhaftigkeit der Theilungen untereinander, so zeigt sich bald, dass dieselbe in den Zellen der vorderen Einbuchtung am grössten ist. Bevor die Randzelle hier noch Zeit hatte, eine dritte, vierte Flächenzelle von sich abzutrennen, hat die erste und zweite nicht selten schon die meisten Stadien des Dickenwachstums durchlaufen und einen ganzen Complex von Gewebszellen erzeugt, welche zusammengenommen ihrer Gestalt entsprechen (Taf. VII Fig. 2). Die für *Aneura pinnatifida* charakteristischen Zellenbläschen treten hierbei oft erst in dem dritten oder vierten, aus einer Flächenzelle hervorgegangenen Zellcomplex (von dem vorderen Rande an gerechnet) in einiger Entwicklung auf, während sie an den vom Scheitel weiter entfernten Theilen des Randes in den Randzellen selbst schon vollkommen ausgebildet sind (Taf. VII Fig. 3). Hierdurch erklärt sich die auffallende, schon oben erwähnte Eigenschaft entwicklungsfähiger Sprossenden, dass sich die jüngsten Zellen des Scheitels als blasse, halbmondförmige bis spitz parabolische Zone von dem dunklen, dicht mit Zellbläschen erfüllten älteren Gewebe deutlich absetzen (Taf. VII Fig. 1). Wo diese Zellbläschen in den Randzellen selbst erscheinen, hört auch die lebhafte Vermehrung der zuletzt gebildeten Flächenzellen in die Dicke auf, und man findet nicht selten, dass der vielzellige, centrale Theil der Laubachse von einem schmalen, aus einer Zellschicht bestehenden Rande beiderseits begrenzt wird. Es sind dies Eigenthümlichkeiten, welche einzelnen Sprossen vor anderen, oft an derselben Pflanze zukommen können.

Bis dahin zeigte sich die Entwicklung der Laubachse nach beiden Richtungen der Dicke so gleichförmig, dass ein Unterschied von oben und unten für unsere Beobachtung nicht erkennbar wäre, wenn uns das Auftreten von Haarbildungen an der nach der Anheftungsstelle zugewandten Fläche nicht auf einen solchen Gegensatz hinwiese. Ob derselbe in der Natur des Organismus selbst seinen tieferen Grund hat oder nur durch die zufällige Lage der Pflanze gegen ihre Unterlage hervorgerufen wird, wie dies Mirbel für die Entwicklung der Brutkeimblätter von *Marchantia* nachgewiesen hat, muss dahingestellt bleiben. Für die Wurzelhaare ist letztere Auffassung die wahrscheinlichere, während sich bei den regelmässig zweizeilig

angeordneten und an ihrer Spitze kolbenförmig angeschwollenen Haaren ihrer gesetzmässigen Stellung wegen mannigfache Bedenken gegen eine solche Annahme erheben. Die Wurzelhaare bilden, wie bei *Metzgeria*, eine einfache Verlängerung der Zelle, aus der sie ihren Ursprung genommen haben, und breiten sich, wenn sie einen festen Gegenstand erreichen, zu einer vielfach gelappten Haftscheibe aus. Sie entstehen schon in den jüngst entwickelten Zweigen in grösserer oder geringerer Zahl aus den axilen Aussenzellen der unteren Laubfläche, von denen jede die Fähigkeit besitzt, ein solches zu entsenden.

Für die Verfolgung der regelmässig gestellten, keulenförmigen Haare in allen ihren Entwicklungsstadien zeigte sich die von mir untersuchte Form der *Aneura pinnatifida* besonders günstig. Junge, in lebhafter Entwicklung begriffene Sprossenden (Taf. VI Fig. 1) zeigen dicht neben der Scheitelzelle, am Grunde der Randzellen des ersten Grades, die Anfänge der kolbenförmigen Haare in Form kleiner Ausstülpungen ihrer Mutterzelle, die sich, wenn sie etwas grösser geworden, durch eine der Fläche der Laubachse parallele Scheidewand selbstständig von derselben abgliedern. Ob die jüngsten Zustände schon zu der Zeit deutlich sichtbar werden, wo die Randzellen des ersten Grades noch ungetheilt sind, oder erst, nachdem aus derselben schon je eine Randzelle des zweiten Grades und eine erste Flächenzelle hervorgegangen ist, bedarf noch genauerer Untersuchung. Bisher ist es mir noch nie gelungen, bei einem der zahlreichen vertikalen Längsschnitte die beginnende Ausstülpung schon aus der vorderen Randzelle hervortreten zu sehen, während vielfache Ansichten der unverletzten Scheitelregion von der Unterseite mir dies im hohen Grade wahrscheinlich machen. Das Stellungsverhältniss der Haare an der Laubachse wird, im Falle sich die letzte Annahme bestätigen sollte, dadurch in keiner Weise alterirt, da diese nach der gesetzmässigen Theilung der Randzellen stets auf die ersten Flächenzellen übergehen und das Resultat somit dasselbe bleibt. Die alternirend zweizeilige Stellung, welche nach der Entwicklungsgeschichte alle ersten Flächenzellen an der Achse des Sprosses einnehmen, geht somit auch auf alle kolbig angeschwollenen Haare über, und es ist, wenn man von den jüngsten Hervorragungen am Scheitel aufmerksam nach den vollkommen ausgebildeten unteren Haaren fortschreitet, nicht schwer sich hiervon zu überzeugen. Zugleich erkennt man, wie die einzelnen Glieder dieser beiden Reihen, nicht nur in der Richtung der Längsachse, sondern auch der Breite des Sprosses nach,

sich immer weiter von einander entfernen, bis zuletzt auch darin eine Grenze erreicht wird. Der Grund dieser Erscheinung ist folgender.

Es wurde in Obigem gezeigt, dass die Entwicklung der Flächenzellen in die Dicke zuletzt darin ihren Abschluss findet, dass sich in den Aussenzellen des letzten Grades mehrere gleichwerthige Zellen höherer Generationen bilden, welche als kleinzelligere Epidermis das langgestreckte innere Gewebe der Laubachse nach oben und unten bedecken. Diese letzten Theilungen finden mit Rücksicht auf die Stellung der keulenförmigen Haare in der Weise statt, dass letztere stets auf der dem Rande zunächst liegenden Aussenzelle ihren Platz finden; und es werden deshalb, so lange diese Theilungsvorgänge nach der Breite des Sprosses ihren Abschluss noch nicht erreicht haben, die beiden Haarreihen immer weiter auseinander weichen müssen. Dass zuletzt 6—8 oder selbst 10 Zellreihen zwischen den einzelnen Haaren (sowohl der Länge als der Breite nach) verlaufen, beweist auf das deutlichste, dass sich jede Aussenzelle des letzten Grades nicht nur, wie Hofmeister angiebt, in vier, sondern in weit zahlreichere Epidermiszellen theilt. Jedes der keulenförmigen Haare hat, wenn es (vom Scheitel an gerechnet) seiner Stellung nach das dritte oder vierte geworden ist, schon seine volle Grösse und Ausbildung des Zellinhaltes erreicht und fängt nun sehr bald an sich zu bräunen und abzuwelken, bis es, fast unkenntlich geworden, zuletzt abfällt. Ich konnte nie mehr als 10 Haare in Verbindung mit der Laubachse unterhalb des entwickelungsfähigen Scheitels zählen.

Die Verästelung der Laubachse erfolgt bei *Aneura pinnatifida* genau nach demselben Gesetz wie bei *Metzgeria*. Da sich die Vorgänge an beiden Pflanzen genau entsprechen, so scheint es unnöthig, die Folge der Zelltheilungen hier zum zweiten Male ausführlich zu erläutern, obschon bei einigen Präparaten dieser Pflanze die Anordnung der jungen Zellen in der soeben verdoppelten Scheitelregion besonders entscheidend zu Gunsten unserer Auffassung war. Bei den Formen, wo die Scheitelzelle im Grunde einer deutlichen Einbuchtung liegt, tritt die Verzweigung durch die Bildung eines Mittellappens auch in ihren jüngsten Stadien sehr bald mit voller Deutlichkeit hervor, während es im anderen Falle einer genaueren mikroskopischen Prüfung bedarf, um sich von der Anwesenheit zweier nebeneinander liegender Scheitelzellen zu überzeugen. Noch ist zu bemerken, dass bei *Aneura pinnatifida* einzelne Fälle vorkommen, wo der junge Zweig nicht schon aus einer Randzelle des zweiten, sondern eines nächst höheren Grades seinen Ursprung nimmt, ohne dass er sich in seiner

Gestalt und weiteren Entwicklung von einem in normaler Weise entstandenen Sprosse unterschiede. Es gelang mir etwa zweimal, Sprossenden zu beobachten, in denen die gegenseitige Lage der beiden Scheitelzellen keine andere Deutung zuließ. Wenn man in Betracht zieht, dass, wie oben gezeigt wurde, bei *Aneura* nicht nur die ersten, sondern auch alle späteren Flächenzellen die Fähigkeit besitzen, sich in die Dicke zu vermehren, so verliert das beobachtete Hervorgehen eines Zweigsprosses aus einer Randzelle höheren Grades viel von seinem Auffallenden.

Wenn wir nun auch bei *Aneura pinnatifida* von keiner echten Gabelung, sondern von einer normalen Verzweigung im Sinne wie bei höheren Pflanzen sprechen, so erscheint dies schon darum naturgemässer als bei *Metzgeria*, weil der Unterschied zwischen Haupttrieb und Seitensprossen hier auch äusserlich in der fiederigen Verästelung deutlich hervortritt. Ob es aber jedesmal der Haupttrieb ist, welchem die bedeutendere Entwicklungsfähigkeit verbleibt, und ob, dem entsprechend, die von ihm abgezweigten Scheitelzellen sich stets zu den seitlichen Trieben mit beschränkterem Wachsthum ausbilden, muss vorläufig dahingestellt bleiben. Für die Auffassung des ersten und wichtigsten Vorganges selbst ist dies von keiner weiteren Bedeutung.

### ***Aneura pinguis* Dumort.**

Je nach dem Standort und der Jahreszeit, in der man diese Pflanze sammelt, ist ihr Habitus äusserst verschiedenartig. Bald stellt sie einfache Sprosse von verschiedener, ziemlich gleichmässiger Breite dar, welche lange Zeit, ohne sich zu verzweigen, in die Länge wachsen; oder sie bilden flache, vielfach ausgerandete Laubmassen, aus denen unter günstigen Verhältnissen, besonders im Frühjahr, kräftig vegetirende Sprosse von der Gestalt der ersteren ihren Ursprung nehmen können. Von *Pellia epiphylla*, der sie in den meisten sterilen Formen habituell sehr nahe steht, ist sie besonders durch den Mangel eines Mittelnervs verschieden, der sich gegen eine beiderseits anschliessende, einschichtige Laubfläche deutlich absetzte; wo bei *Aneura pinguis* der mittlere Theil der Laubachse sich beträchtlich gegen die Seitenflächen verdickt, geht er doch ganz allmählig in diese über, da sie selbst meist aus mehreren (2—3) Zellschichten bestehen und nur selten von einem einschichtigen, freien Rand von einiger Breite umsäumt werden. Von *Aneura pinnatifida* unterscheidet sich unsere Pflanze am auffallendsten dadurch, dass ihre Zellen weder in den

jüngsten noch in den älteren Theilen des Laubes eine Spur der für letztere so charakteristischen braunen Zellbläschen zeigen, sondern ausser ihrem reichen flüssigen Inhalt nur Chlorophyllkörperchen in grosser Zahl enthalten, in deren Centrum sich stets Amylum nachweisen lässt. Auch in den keulenförmigen Haaren, welche hier ebenso, wie bei den vorigen Arten, nur aus der Unterseite des Laubes entstehen, aber weder am jungen noch am entwickelten Spross irgend welche regelmässige Anordnung verrathen, befinden sich Stärkemehlkörner in geringerer Zahl, welche indess den grünen Farbestoff fast völlig verloren haben und die bekannte Jod-Reaction deshalb um so deutlicher zeigen.

Die Anwesenheit einer oder mehrerer Einbuchtungen am vorderen Ende der Laubachse bezeichnet die Lage ebenso vieler Scheitelzellen mit selbstständiger Entwicklungsfähigkeit in der Längsrichtung des Sprosses. Bei ihrer Theilung wiederholt sich genau dasselbe Gesetz, welches wir oben schon das Wachsthum zweier Pflanzen bestimmen sahen und das seinen Ausdruck ganz allgemein in der Formel

$$V^n = V^{n+1} + {}_nM$$

findet. Die auf solche Weise abgetrennten Randzellen sind seitlich von zwei annähernd parallelen, nach der Rückseite, wo sie mit dem älteren Gewebe in Verbindung stehen, von einer vertikalen, zu den vorigen senkrecht stehenden Scheidewand und gegen den Rand durch eine stark convexe Aussenfläche begrenzt, welche letztere die Verbindung der Ober- und Unterseite des Sprosses herstellt. In der Theilung dieser ersten Randzellen sehen wir ein neues Bildungsgesetz auftreten, welches *Aneura pinguis* vor beiden obigen Arten auszeichnet und sie um einen grossen Schritt höher stellt als diese. Die Randzellen des ersten Grades theilen sich nämlich nicht durch eine vertikale, der Rückwand parallele Scheidewand in eine Randzelle des zweiten Grades und eine erste Flächenzelle ( $M^1 = M^2 + {}_1P$ ), sondern es bildet sich in der Randzelle eine Scheidewand, welche, indem sie sowohl gegen die ideale Achse derselben als auch gegen die vertikale Rückwand schief geneigt ist und auf den beiden Seitenwänden rechtwinkelig steht, eine Randzelle des zweiten Grades von einer ersten Aussenzelle abgliedert:

$$M^1 = M^2 + {}_1E.$$

Vorausgesetzt, dass diese erste Randzelle auf der oberen Seite der Laubachse liegt, so würde die nächste Scheidewand, welche im weiteren Verlauf desselben Theilungsvorganges entsteht, der vorigen so

wie den beiden Seitenrändern der Randzelle des zweiten Grades senkrecht aufgesetzt und zur Längsachse der letzteren ebenfalls schief geneigt sein, wodurch neben einer Randzelle des dritten Grades eine an der Unterseite des Sprosses gelegene zweite Aussenzelle entsteht. Die weiteren Theilungen erfolgen nun einigemal gesetzmässig in der Art, dass die aufeinanderfolgenden Scheidewände abwechselnd nach oben und unten geneigt und einander rechtwinkelig aufgesetzt sind (Taf. VII Fig. 5 u. 6), wodurch zwei übereinanderliegende Horizontalreihen von Aussenzellen gebildet werden, von denen jede einzelne in die zwei benachbarten Zellen der anderen Reihe eingreift. Man bemerkt sogleich, dass dieser Vorgang dasselbe Theilungsgesetz in vertikaler Richtung wiederholt, was wir bei der Verjüngung der Scheitelzelle in der Horizontalebene so deutlich ausgesprochen sahen, und es wird deshalb die Formel, welche bestimmt ist, uns einen allgemeinen Ausdruck desselben für den gegenwärtigen Fall zu geben, dieser ersten Formel analog gebildet sein müssen:

$$M^n = M^{n+1} + {}_nE.$$

Jede spätere Randzelle theilt, von oben gesehen, die Gestalt der Randzelle des ersten Grades, zeigt sich aber bei einem vertikalen Längsschnitt durch zwei senkrecht gegeneinander geneigte Rückwände begrenzt, deren Stellung aus ihrer Entstehungsweise hervorgeht. Die Zahl derselben vermehrt sich nicht nur durch andauernde Verjüngung der Scheitelzelle, sondern auch dadurch, dass die eben beschriebenen Theilungsvorgänge mit dem aus den früheren Darstellungen bekannten Modus nach der Formel

$$M^n = {}^2M^n + {}^2M^n$$

abwechseln, wonach aus einer Randzelle des  $n^{\text{ten}}$  Grades zwei nebeneinanderliegende, vollkommen gleichwerthige Randzellen desselben Grades, aber der zweiten Generation hervorgehen. Dadurch entfernen sich die Randzellen höherer Grade immer weiter von der Scheitelzelle, und nun, wenn sie einen bestimmten Abstand von ihr erreicht haben, geht ihre Theilung nach der Formel:  $M^n = M^{n+1} + {}_nE$ , plötzlich in die bei Metzgeria und Aneura pinnatifida ausschliesslich vorkommende Theilungsart über, indem sich eine nach innen convexe, zur Längsachse und zu den Seitenrändern senkrechte Scheidewand bildet (Taf. VI Fig. 6 u. 7), welche eine Randzelle des nächst höheren Grades von einer  $n^{\text{ten}}$  Flächenzelle des ersten Grades abtrennt,

$$M^n = M^{n+1} + {}_nP.$$

Sobald die erste Theilung innerhalb einer Randzelle nach diesem Gesetz erfolgt ist, so stimmt ihre weitere Entwicklung vollkommen

mit der bei der vorigen Pflanze beschriebenen überein; und da die Theilungen der letzten Art, welche unsere Pflanze mit *Aneura pinatifida* gemein hat, die ihr eigenthümlichen und nur in unmittelbarer Nähe der Scheitelzelle stattfindenden der Zahl nach bei weitem übertreffen, so wird es erklärlich, dass Hofmeister letztere ganz übersahen konnte und von dem Auftreten schiefer Wände innerhalb der Randzellen von *Aneura pinguis* nichts angiebt. Die Aussenzellen, welche, wie wir sahen, aus den Randzellen des ersten und der nächst höheren Grade direct hervorgehen, theilen mit den auf dem weiteren Wege (durch Vermittelung einer Flächenzellenbildung) entstandenen im Wesentlichen gleiche Gestalt und Entwicklungsfähigkeit, so dass es unnöthig erscheint, auf ihre Theilungsgesetze hier noch besonders hinzuweisen. Nur das sei noch bemerkt, dass auch hier das Dickenwachsthum derselben mit der Bildung einer kleinzelligeren Oberhaut seinen Abschluss findet, und alle weitere Streckung in die Länge (und Dicke?) eine Folge intercalarer Theilungen der Innenzellen ( $J = {}^2J + {}^2J$ ) oder der Längsdehnung des fertig gebildeten Gewebes ist.

Dass die einzelligen, keulenförmigen Haare, welche aus der Unterseite der Laubfläche in der unmittelbaren Nähe der Scheitelregion hervorgehen, bei *Aneura pinguis* nicht regelmässig in zwei Reihen angeordnet sind, sondern auf den Aussenzellen höherer Generationen scheinbar unregelmässig zerstreut stehen, ist gewiss nur eine Folge des Umstandes, dass hier nie Flächenzellen erster Ordnung oder erste Flächenzellen ( ${}_1P$ ) gebildet werden. Fast scheint es, als ob hier jede durch Theilung der Randzelle unmittelbar entstandene untere Aussenzelle Mutterzelle eines solchen Haares werden kann, ohne dass diese Regel, wenn sie überhaupt besteht, ausnahmslos befolgt wurde. Es ist mir zur Zeit noch nicht möglich, hierüber etwas Bestimmtes auszusprechen, da man bei Betrachtung eines unverletzten Sprosses von der Unterseite, wo sich die Vertheilung der Haare allein übersehen lässt, keinerlei Anzeichen hat, bis zu welcher Entfernung vom Scheitel sich die Theilungen der Randzellen nach der Formel  $M^n = M^{n+1} + {}_nE$  erstreckt und wo sie von dem verbreiteteren Modus ( $M^n = M^{n+1} + {}_nP$ ) abgelöst wird. Bei successiven vertikalen Längsschnitten durch die Scheitelregion gelang es mir nie, auf Aussenzellen, die auf dem letzteren Wege durch Vermittelung von Flächenzellen entstanden waren, das Entstehen von Haaren zu beobachten.

Trotz der bedeutenden Unterschiede, welche zwischen *Aneura*

pinguis und den vorigen Arten im Breitenwachsthum der Laubachse bestehen, scheint sich doch auch hier die Verzweigung im Wesentlichen den oben entwickelten Gesetzen anzuschliessen. Da sich indess meine Ansicht bis jetzt nur auf ein deutliches Präparat stützt (Taf. VI Fig. 4), bin ich weit entfernt, diesen Punkt für ausgemacht zu betrachten, besonders da der Theilungsmodus der Randzellen des ersten und der nächst höheren Grade auch einige Abänderungen in den Vorgängen der Verästelungen nothwendig herbeiführen müsste, wodurch die Auffassung einen Theil ihrer Einfachheit einbüsst. Darf ich mein Präparat als massgebend betrachten, so folgt daraus, dass dem Zeitpunkt, wo die frühere Randzelle des ersten Grades zur neuen Scheitelzelle wird, die Abtrennung mehrerer (2—4) Aussenzellen vorangeht.

### *Aneura palmata* <sup>1)</sup> N. ab E.

Die Pflänzchen dieser Art, welche in ihrer Farbe und Consistenz nähere Aehnlichkeit mit *Aneura pinguis* als mit *Aneura pinnatifida* zeigen, unterscheiden sich von beiden habituell dadurch, dass, während die Hauptstämmchen auf der Unterlage festgewachsen sind, die Verzweigungen letzten Grades sich fast rechtwinkelig gegen dieselben erheben und, mehr oder weniger dicht gedrängt, aufrecht neben einander fortwachsen. Auch waren die Exemplare, welche ich untersuchte, zarter als die der früheren Arten, und für die Verfolgung der Zelltheilungsgesetze deshalb besonders geeignet. Dennoch bin ich nur in der Lage, über das Längenwachsthum sowie über die Verzweigung der Laubachse etwas Bestimmtes aussprechen zu können, während ich die Fragen nach dem Breiten- und Dickenwachsthum wegen Mangels an Material nicht zum Abschluss bringen konnte und mich deshalb mit einigen Andeutungen begnügen muss.

Das Längenwachsthum wird auch hier durch eine Scheitelzelle vermittelt, deren abwechselnd nach beiden Seiten abgetrennte Randzellen des ersten Grades ebenso, wie die beiden Seitenwände der

---

1) Ich sammelte diese Art im Sommer 1862 bei München auf einem faulenden Baumstumpf. Leider fand ich, trotz vielen Suchens, nur einen kleinen Rasen, welcher zwar kurze Zeit darauf seine Früchte reifte und mich mit Sporen zur Aussaat beschenkte, aber für die allseitige Untersuchung der vegetativen Organe auf ihre Entwicklungsgeschichte nicht ausreichend war, da ich beim Beginn meiner Untersuchungen mit wenigem Material noch nicht sparsam genug umzugehen wusste.

Scheitelzelle selbst, in sehr spitzem Winkel einander aufgesetzt sind. Die Theilungen erfolgen also auch hier nach der Formel:

$$V^n = V^{n+1} + {}_nM.$$

Wie die Randzellen des ersten Grades sich fortentwickeln; ob zuerst, wie bei *Aneura pinguis*, gesetzmässig schiefe Wände in ihr auftreten, welche eine erste Aussenzelle von einer Randzelle des zweiten Grades abgliedern; ob diese Theilungsform vielleicht die allein vorkommende ist oder ob sie, wie bei der vorigen Pflanze, in die einfachere nach der Formel:  $M^n = M^{n+1} + {}_nP$  übergeht, vermag ich nicht mit Sicherheit anzugeben. Nach Zeichnungen, welche ziemlich am Beginn meiner Untersuchungen ausgeführt, wo mir in der Deutung wichtiger Präparate noch die nöthige Uebung abging, muss ich vermuthen, dass sich *Aneura palmata* auch in Betreff des Dickenwachstums der *Aneura pinguis* anschliesst, mit der sie in dem vollständigen Mangel der braunen Zellbläschen und dem alleinigen Vorhandensein ziemlich grosser Chlorophyllkörperchen so viel Uebereinstimmendes zeigt. Vielleicht hängt es mit einer eigenthümlichen Art der Entwicklung zusammen, dass das Laub der *Aneura palmata* im Querschnitt nicht, wie bei den vorigen Arten, einen stärker verdickten axilen Theil in zwei, aus nur wenigen Zellschichten bestehende Seitenränder deutlich übergehen lässt, sondern dass sich hier der Mittelnerv gleichsam bis an den äussersten Rand erstreckt und in mehr oder weniger flacher Wölbung das ganze Laub abschliesst.

So zweifelhaft ich mit Rücksicht auf die oben angedeuteten Fragen geblieben bin, so konnte ich mich doch andererseits von der Identität der Zelltheilungen, die der Verzweigung der Laubachse vorgehen, mit dem bei *Metzgeria* und dem bei den früheren *Aneura*-Arten aufgefundenen Gesetz deutlich überzeugen. Die Präparate, die ich in dieser Beziehung erhalten, liessen in Schärfe und Klarheit der Theilungslinien nichts zu wünschen übrig (Taf. VI Fig. 2). Einmal gelang es mir sogar, eine Scheitelregion mit drei nebeneinanderliegenden Terminalzellen zu beobachten, von denen die mittelste den Hauptspross fortsetzte, während die beiden seitlichen aus der Theilung zweier successive nach einander abgetrennten Randzellen des ersten Grades hervorgegangen waren. Ob ihrer Umbildung zu neuen Scheitelzellen die Abtrennung einer ersten Flächenzelle ( ${}_1P$ ) oder mehrerer Aussenzellen des ersten Grades ( ${}_1E + {}_2E + \dots {}_nE$ ) vorhergeht, bleibt nach dem Obigen unentschieden; letzteres scheint mir indess das Wahrscheinlichere zu sein.

## Keimung der Sporen.

Bei *Aneura palmata* gelang es mir, die Keimung der Sporen zu verfolgen, über deren Entwicklung zur jungen Pflanze meines Wissens bisher noch nirgends etwas bekannt geworden ist. Im Verhältniss zu den breiten, einspirigen Schleuderzellen sind die Sporen ziemlich klein (Taf. VII Fig. 8); sie zeigen sich von einer zarten Membran begrenzt, welche ihrerseits durch kein mit Leisten oder Warzen besetztes Exosporium nach aussen umschlossen wird. Wenige Wochen nach der Aussaat auf feuchtes, faules Holz begann die Membran sich zu erweitern, so dass die Spore mehr als das Dreifache ihrer früheren Grösse erreichte (Taf. VII Fig. 9). Die Chlorophyllkörperchen, welche in scharfer Umgrenzung den peripherischen Theil des Lumens schon anfangs erfüllten, bleiben hierbei vorläufig noch unversehrt; nur bedecken sie die Innenwand im Verhältniss sparsamer als früher. Kurze Zeit darauf tritt an der einen Seite der erweiterten Sporenzelle eine kleine, spitze Ausstülpung hervor (Taf. VII Fig. 10), welche sich, wenn sie die Grösse ihrer Mutterzelle erreicht hat, durch eine Wand von ihr abgliedert, die zur Richtung ihrer Längsdehnung senkrecht steht. Diese neue Tochterzelle, in welche der grösste Theil des Plasma und nur eine kleinere Anzahl von Chlorophyllkörperchen übergegangen ist, zeigt schon jetzt alle Eigenschaften einer Scheitelzelle und theilt sich in der Folge (Taf. VII Fig. 11—13), ähnlich wie bei den Conferven mit Scheitelwachsthum, andauernd in eine neue Terminalzelle und eine Gliederzelle (*Cellula annularis* = A),

$$V^n = V^{n+1} + {}_nA.$$

Einzelne der Gliederzellen besitzen die Fähigkeit, sich rechtwinkelig zur Wachstumsrichtung des Hauptstrahles zu verlängern und durch eine Querscheidewand die Anlage zu einem Zweigspross in Form einer Tochterzelle von demselben abzutrennen. Ist letztere selbstständig geworden, so stellt sie die Scheitelzelle eines jungen Seitenstrahles dar, dessen Entwicklungsfähigkeit nach obiger Formel indess sehr beschränkt ist. Entweder nach einer oder nach wenigen Theilungen in eine Gliederzelle und eine Scheitelzelle des nächst höheren Grades bildet sich in letzterer eine vertikale, zu ihrer Längsachse schief geneigte Scheidewand (Taf. VII Fig. 14), der sich sehr bald eine nach entgegengesetzter Richtung geneigte aufsetzt, womit das Schicksal jenes aus einer Zellreihe bestehenden Seitenzweiges des

Vorkeimes entschieden ist: — es geht eine Laubachse mit normalem Entwicklungsgange aus ihr hervor.

Es scheint, dass auch der aus der Spore direct hervorgegangene Hauptstrahl des Vorkeimes als einfache Zellreihe ein begrenztes Wachstum hat; wenigstens beobachtete ich einmal, dass auch in seiner Scheitelzelle schiefe Theilungen auftraten (Taf. VII Fig. 14). Leider konnte ich die weitere Entwicklung der Laubachse am Vorkeim sowie die kleineren Formverschiedenheiten, welche dieser selbst zeigt, nicht soweit verfolgen, als ich es gewünscht hätte. Ein übler Zufall liess alle meine Aussaaten zu Grunde gehen.

### **Pellia epiphylla** N. ab E.

*Pellia epiphylla* gewinnt deshalb ein besonderes Interesse für die Entwicklungsgeschichte der laubigen Jungermanniaceen, weil diese Pflanze, deren häufigere Formen in ihrem Äusseren so vieles Uebereinstimmende mit *Aneura pinguis* zeigen (dass es fast unmöglich ist, sterile Exemplare beider ohne genauere Prüfung mit Sicherheit von einander zu unterscheiden), in dem Gesetz ihres Längenwachstums von allen bisher betrachteten Arten wesentlich abweicht. Besonders geeignet für die Untersuchung sind die lebhaft grünen, im Verhältniss schmalen Frühjahrstriebe, welche aus den breiten, vielfach ausgerandeten Laubmassen der fruchtbaren Pflanze ihren Ursprung nehmen und in kurzer Zeit eine ansehnliche Länge erreichen. An ihrem vorderen Ende tragen dieselben, wenn sie äusserlich sichtbar geworden, immer schon mehrere Einbuchtungen (am häufigsten zwei oder eine niedrige Potenz von zwei), in deren Grunde die mittleren Zellen reich mit Plasma erfüllt und in lebhafter Vermehrung begriffen sind. Das zwischen diesen Scheitelregionen liegende und ihnen seitlich angrenzende Gewebe eilt ihnen in ihrem Längenwachstum oft so bedeutend voran, dass sie unter den beiderseits sich überwölbenden Rändern fast gänzlich versteckt liegen (Taf. VI Fig. 8), wobei zugleich eine grosse Anzahl aus der Ober- und Unterseite der Laubachse dicht unterhalb der Scheitel hervortretender, zweizelliger Haare das junge Gewebe der Fläche nach schützen. Da mit Ausnahme des Mittelnervs, der hier deutlicher als bei *Aneura pinguis* gegen die aus nur einer Zellschicht bestehende, oft ziemlich breite Laubfläche sich absetzt, der erste mikroskopische Anblick durchaus nichts von der vorigen Pflanze wesentlich Verschiedenes zeigt, und man von den äussersten Theilen des Randes auch hier Curven aus-

gehen sieht, die sich gegen die Achse des Sprosses hin einander nähern, drängte sich mir unmittelbar die Vermuthung auf, dass auch bei *Pellia* das Längenwachsthum durch die Theilung einer Scheitelzelle vermittelt werde, durch deren gesetzmässige Vermehrung sich ein System von Randzellen nach beiden Seiten abgliedere. Zu wiederholtenmalen glaubte ich für die Existenz derselben Andeutungen erhalten zu haben; immer aber überzeugte ich mich nachträglich, dass ich durch mancherlei Täuschungen irre geführt war, und ich glaube mich nach den übereinstimmenden Beobachtungen an allen von mir untersuchten Sprossenden zu dem allgemeinen Ausspruch berechtigt: „Das Längenwachsthum bei *Pellia epiphylla* erfolgt nicht, wie bei (allen?) anderen unbeblätterten Jungermanniaceen, durch die andauernde Theilung oder Verjüngung einer Scheitelzelle, sondern durch die Fortbildung einer Reihe nebeneinanderliegender Randzellen. Die unbegrenzte Theilungsfähigkeit der innersten dieser Randzellen geht, sobald dieselbe durch Vermehrung in die Breite aus dem Bereich des Mittelnerven heraustreten, plötzlich in die begrenzte des einschichtigen Randes über.“

Die Zahl der Randzellen mit unbegrenzter Theilungsfähigkeit, welche, im Grunde der Einbuchtungen nebeneinander liegend, den terminalen Abschluss des Mittelnerven bilden, ist, je nachdem der Spross soeben erst aus einer Verzweigung hervorgegangen ist, oder sich schon längere Zeit durch eine Reihe von Theilungen selbstständig fortgebildet hat, eine verschiedene; sie schwankt zwischen 2 und einigen 20 und beträgt gewöhnlich 5 — 10. Führt man einen vertikalen Längsschnitt durch die Scheitelregion (Taf. VII Fig. 7), so erscheint jede dieser terminalen Randzellen in der Gestalt einer durchschnittenen biconvexen Linse, und man sieht, wenn der Schnitt mehrere Zellschichten stark ist, wie die hintereinanderliegenden Randzellen sich in ihrer Grösse zwar nicht vollkommen entsprechen, in ihrer Form aber durchaus ähnlich sind. In dem hellgrünen, mit schleimigem Protoplasma reich erfüllten Inhalt ist ein stark lichtbrechender Zellkern deutlich zu unterscheiden. Die Theilung der Randzellen erfolgt bei allen untersuchten Sprossenden durch eine der Rückwand parallele, zu den Seitenwänden und zur Ebene der Laubachse senkrecht stehende Scheidewand in eine neue Randzelle des nächst höheren Grades und eine  $n^{\text{te}}$  Flächenzelle des ersten Grades,

$$M^n = M^{n+1} + \text{„P.}$$

Die jüngste Flächenzelle besitzt ebenso, wie bei *Aneura pinnatifida*, die Gestalt eines durchschnittenen einfachen Meniscus, ist aber bei

Pellia im Verhältniss zu ihrer Höhe noch schmaler (etwa 1 : 4—6). Oft noch bevor die neue Randzelle eine zweite Flächenzelle von sich abgetrennt hat, hat sich die erste schon durch eine zur Fläche der Laubachse parallele Wand, die hier stets genau in der Mitte liegt, in zwei Aussenzellen des ersten Grades getheilt,

$$P^1 = E^1 + E^1.$$

Diese zeigen sich nicht nur darin vollkommen gleichwerthig, dass sich beide nach demselben Entwicklungsgesetz vermehren, sondern es besitzt auch jede von ihnen die Fähigkeit, ein Haar aus sich hervorzubringen, so dass hier auch dieses Merkmal verschwindet, welches uns bei Metzgeria und Aneura als Hauptunterschied zwischen der Ober- und Unterseite der Laubachse galt. Das Haar tritt zuerst in Form einer kleinen Ausstülpung aus seiner Mutterzelle hervor und gliedert sich als einzelliges Organ von derselben ab. Noch bevor das aus der Aussenzelle des ersten Grades entstandene, ihm zur Basis dienende Gewebe alle Stadien seines Dickenwachsthums durchlaufen hat, besteht es bereits aus zwei Zellen und hat in Grösse und innerer Beschaffenheit schon alle Eigenschaften angenommen, die ihm während der kurzen Zeit seiner Lebensdauer verbleiben. Die obere Zelle enthält ausser wasserhellem Inhalt nur wenige Amylonkörner, während die am Grunde schmale, nach oben kolbig erweiterte Fusszelle mit Amylonkörnern dicht erfüllt ist, welche sich durch zurückgebliebene Spuren einer grünen Färbung als identisch mit den in den Zellen der Frons zahlreich vorhandenen Chlorophyllkörperchen erweisen. Erschiene, wie es der Anlage nach möglich zu sein scheint, wirklich auf jeder Aussenzelle des ersten Grades eines der beschriebenen zweizelligen Haare, so würden die Vorgänge in der Scheitelregion hierdurch noch weit mehr verdunkelt werden, als es so schon der Fall ist. Im Durchschnitt kann man wohl annehmen, dass sie nur auf der Hälfte derselben wirklich zur Ausbildung kommen.

Die Aussenzellen des ersten Grades theilen sich, bald nachdem sie aus der Flächenzelle hervorgegangen sind, in je eine erste Innenzelle und eine Aussenzelle des zweiten Grades (Taf. V Fig. 5),

$$E^1 = {}_1J + E^2,$$

und in letzterer wiederholt sich dieser Vorgang gewöhnlich noch ein- oder zweimal, bevor der Spross sein Wachsthum in die Dicke beendet hat. Den Beschluss desselben bildet auch hier die Theilung der Aussenzelle des letzten Grades in mehrere (meist 4) kleinere Epidermiszellen, die sich indess später mit dem axilen Gewebe so stark in die Länge strecken, dass der Unterschied beider nicht gerade auf-

fallend ist und es genauerer Beobachtung bedarf, um sich von der Anwesenheit „eines centralen Bündels langgestreckter Zellen“<sup>1)</sup> zu überzeugen.

Bleibe die Reihe der terminalen Randzellen in der vorderen Einbuchtung des Sprosses einzig auf die Theilungen in der Richtung der Längsachse beschränkt, so müsste der Scheitel der Pflanze sehr bald über die seitlich und nach vorn übergreifenden, aus nur einer Zellschicht bestehenden Randlappen hervortreten. Dass sich letztere gleichzeitig mit dem axilen Theil fortentwickeln, wird zunächst und vor allem dadurch erreicht, dass sich die terminalen Randzellen im Verlauf ihrer Längstheilungen wiederholt in Richtung der Breite vermehren, indem aus einzelnen derselben zwei neue Randzellen desselben Grades aber der zweiten Generation hervorgehen:

$$M^n = {}^2M^n + {}^2M^n.$$

Indem sich die je äussersten Randzellen der Scheitelregion hierdurch noch weiter von der idealen Achse des Sprosses entfernen und somit aus dem Bereich des Mittelnervs heraustreten, verlieren die Flächenzellen, welche fortan von ihnen abgetrennt werden, die Fähigkeit, sich in zwei Aussenzellen zu theilen und nach oben und unten Haare zu entsenden; — sie können sich nur noch in der Richtung der Fläche vermehren ( $P = {}^2P + {}^2P$ ). Wie alle Uebergänge bei der Entwicklung der Organismen, findet indess auch dieser nicht plötzlich und ohne Vermittelung statt, sondern es wird die Theilungsfähigkeit der Flächenzellen, welche aus einer nahe der seitlichen Grenze des Scheitels liegenden Randzelle hervorgegangen sind, allmählig immer schwächer, bis sie in den Flächenzellen späterer Ordnungen ganz erlischt. Was diesen seitlich vom Scheitel und ausserhalb des Mittelnerven gebildeten Flächenzellen an Entwicklungsfähigkeit in der Dicke abgeht, suchen sie jedoch an Zuwachs in der Fläche zu ersetzen. Die Randzellen, die im Verlauf weiterer Theilungen immer niedriger werden, vermehren sich in um so rascherer Folge, theils nach dem Gesetz:  $M^n = {}^2M^n + {}^2M^n$ , zumeist aber nach der Formel:  $M^n = M^{n+1} + {}_n P$ . Indem hierzu noch die Theilungen der Flächenzellen selbst in der Ebene der Laubachse kommen, halten die beiden einschichtigen Seitenränder mit der Verlängerung des Mittelnervs nicht nur gleichen Schritt, sondern sie überholen ihn fortwährend, indem sie ihren vor-

1) Mit Unrecht wird dasselbe neuerdings von Gottsche (Gottsche u. Rabenhorst, *Hepaticae europaeae* 1863 No. 22) geleugnet, nachdem es bereits Schacht (*Anatomie und Physiologie* I S. 314) richtig mit dem von Metzgeria zusammengestellt hat.

deren Theil beiderseits über denselben hinaus wölben und bei üppi- gen Exemplaren sogar übereinandergreifen. Zugleich geht aus der dargestellten Entwicklung hervor, dass man auch bei *Pellia* deutliche Curven wird verfolgen können, die sich nach dem Rande zu fächerartig von einander entfernen. Dieselben werden sich aber nicht, wie bei den früheren Arten, in der Achse des Sprosses kreuzen, da sie nicht aus Randzellen, welche einander in spitzem Winkel aufgesetzt waren, hervorgegangen sind, sondern sie werden sich, als aus Reihen nebeneinanderliegender Randzellen entsprungen, gegen die Mitte der Laubachse zu immer mehr verflachen müssen, bis sie zuletzt, fast parallel verlaufend, in ihr verschwinden.

Mit dem von allen früheren Gesetzen so abweichenden Längenwachstum der Laubachse von *Pellia* ist die Art ihrer Verzweigung auf das Engste verbunden. Steht eine Verdoppelung der Scheitelregion bevor, so vermehren sich die terminalen Randzellen im Grunde der Einbuchtung, indem vorwiegend Längstheilungen eintreten, bis fast auf das Doppelte ihrer früheren Zahl. Der Mittelnerv wird hierbei an seinem oberen Ende verbreitert, indem die ihm seitlich begrenzenden Randzellen nicht in demselben Verhältniss aus ihm her austreten, als neue im Innern gebildet werden. Bald darauf springen erst eine oder zwei, später seitlich sich anschliessend, mehrere Randzellen in Form eines flachen oder mehr abgerundeten, einschichtigen Lappens in der Mitte der Ausbuchtung vor, indem sie nach Art der zu äusserst liegenden terminalen Randzellen nur noch solche Flächenzellen von sich abgliedern, welche in der Richtung der Dicke nicht weiter theilungsfähig sind. Die Verästelung ist hiermit entschieden, und der Mittellappen, welcher jeder der beiden Tochter-sprosse zur Hälfte angehört, vergrössert sich nun ganz ebenso wie die von ihm abgekehrten Seitenränder derselben, indem immer neue terminale Randzellen im Innern der beiden Scheitel gebildet werden und die zu äusserst liegenden, welche nur noch Flächenzellen mit beschränkterer Theilungsfähigkeit bilden, sich einerseits dem Mittellappen, andererseits dem freien Randlappen anschliessen. Ist, wie wir gesehen haben, der mittlere Theil des Mittellappens zuerst entstanden, so hat er auch zuerst die Grenze seines Breitenwachstums erreicht und wird von den später entstandenen Zellreihen sehr bald in der Wachstumsrichtung der jungen Sprosse überragt. Würde jeder neuen Verzweigung stets ein andauerndes Längenwachstum der Laubachse vorhergehen, so müsste man dann ohne Zweifel an der Stelle, wo früher der apikale, zuerst gebildete Theil des jungen

Mittellappens war, später die tiefste Stelle der Einkerbung zwischen den beiden Tochttersprossen finden. Leider ist es mir an den lebenden Exemplaren, welche ich zur Untersuchung benutzte, nicht gelungen, einen solchen Fall wirklich aufzufinden. Ueberall da, wo die einzelnen Glieder unterhalb des Scheitels hinreichend verlängert schienen, wie an den schwächtigen Frühjahrstrieben, war dies weniger durch eine längere Reihe von Zelltheilungen in der Scheitelregion als vielmehr durch die ausserordentlich grosse Längsstreckung der Zellen am Grunde der Sprossen erreicht, und es zeigte sich der Scheitel immer schon von neuem einmal oder mehrfach getheilt. Indess zweifle ich nicht, dass Beobachtungen an günstigeren Formen, als sie mir zu Gebote standen, die Richtigkeit meiner Auffassung bestätigen werden.

Vergleicht man mit der eben gegebenen Darstellung des Längenwachsthums und der Verzweigung von *Pellia* die ausführliche Beschreibung, welche Hofmeister (Vergleichende Untersuchungen S. 10 — 15 Taf. IV u. V) von der Entwicklungsgeschichte ihrer vegetativen Organe gegeben hat, so überzeugt man sich leicht von der grossen Verschiedenheit beider Auffassungen. Hofmeister verfolgte das Wachstum der Laubachse bis rückwärts zur Spore, sah aus derselben durch die andauernde schiefe Theilung mehrerer nebeneinanderliegender terminaler Randzellen, welche sich auch in die Breite vermehren, einen spatelförmigen Körper sich entwickeln und beobachtete, wie in dessen Vorderende die mittleren Zellen von den stärker sich entwickelnden Seitenrändern überwölbt wurden. Bis dahin lässt sich alles mit Ausnahme der schiefen Theilungen in den Randzellen, welche indess nur bei jungen Pflanzen stattfinden sollen, auf meine Darstellung vollständig zurückführen. Nun beginnt nach Hofmeister in derjenigen Zelle, welche die tiefste Stelle der Bucht einnimmt, eine lebhafte Vermehrung. Durch wiederholte Theilungen soll aus ihr allein ein „Mitteltrieb“ mit fächerartiger Anordnung seiner Zellen hervorgehen. Erst jetzt, nachdem letzterer entstanden ist und eine gewisse Grösse erreicht hat, wird die Pflanze als fertig betrachtet, während das vorangegangene Stadium für Hofmeister die Bedeutung eines Vorkeimes zu haben scheint. Fortan gilt ihm für die ganze Entwicklung der Pflanze, von der Bildung des Mitteltriebes des Keimpflänzchens an, als unabänderliche Regel: „Jeder Spross entsteht durch die Verschmelzung dreier Triebe, welche ziemlich gleichzeitig in einer der Einkerbungen des Vorderrandes eines älteren Sprosses sich bilden. Jeder neue Spross zeigt deshalb gleich

bei seinem Hervortreten zwei Einkerbungen des Vorderrandes. Neue Sprossen bilden sich gesetzmässig nur in diesen, die Grenzen der verwachsenen drei Triebe andeutenden Buchten. Hierauf beruht die gabelige Verästelung der Pflanze. Das Wachstum jedes Sprosses ist begrenzt.“<sup>1)</sup>

Dagegen ist erstens zu bemerken, dass, wenn ein Frühjahrstrieb, welcher an seinem vorderen Rande zwei Einbuchtungen zeigt, in der That als aus drei, in der Anlage gesonderten und gleich nach ihrer Entstehung verwachsenen Sprossen zusammengesetzt zu betrachten wäre, jeder derselben ein eigenes Scheitelwachsthum bewahren müsste; und dass sich der Mittellappen, wofern er wirklich das terminale Ende des mittleren Sprosses darstellt, im Verlauf des Längenwachsthums nicht auf Kosten der Seitentriebe überwiegend verbreitern könnte. Nun ist es aber leicht, sich davon zu überzeugen, dass bei einem Frühjahrstrieb mit zwei Buchten in jeder derselben, also an den vermeintlichen Verwachsungsstellen der drei Sprosse, der Heerd der Zellbildung zu suchen ist, und dass der mittlere und die seitlichen Lappen sich nicht selbstständig fortbilden können, sondern dass der Grad ihres Längenwachsthums (und bei dem Mittellappen auch seines Breitenwachsthums) zum grössten Theile von der Lebhaftigkeit der Zelltheilungen innerhalb der eingesenkten Scheitelregionen abhängt. Insbesondere sieht man, wie der Mittellappen, je nachdem er soeben erst entstanden ist oder sich aus den beiderseits über das Bereich des Mittelnerven hinaustretenden Randzellen der beiden Tochttersprosse schon längere Zeit vergrössert hat, den beiden Randlappen gegenüber in allen Grössenverhältnissen schwankt und seine ursprüngliche Gestalt zuletzt ganz einbüsst, indem sich die jüngeren Seitentheile über die zuerst angelegten mittleren Zellreihen hinab verlängern (s. bei Hofmeister Taf. IV Fig. 27 u. 28). Ein Frühjahrstrieb mit zwei Einbuchtungen ist deshalb nicht, wie Hofmeister glaubt, ein einfacher Spross; es hat sich an seinem Ende bereits eine Verzweigung des Scheitels und zwar eine „echte Gabelung“ vollzogen, indem die früher einfache Reihe der terminalen Randzellen sich durch die erste Anlage des Mittellappens in zwei vollkommen gleichwerthige Reihen gespalten hat, deren jede einem Tochtterspross zur Grundlage dient. Träte die Dichotomie im Verhältniss zum Längenwachsthum der Laubachse seltener ein, so würde es um vieles leichter sein, sich von der Einfachheit des Vor-

1) Hofmeister, Vergl. Unters. S. 13.

ganges zu überzeugen; so aber wiederholt sie sich oft schon in dem kaum erst angelegten Tochtterspross und es entsteht hierdurch eine bunte Reihe von Mittellappen, die in ihrer Grösse nur wenig von einander verschieden sind und welche Hofmeister zu seiner eigenthümlichen Auffassung, die er auch auf alle übrigen laubigen Lebermoose ausgedehnt hat, Veranlassung gegeben haben mögen. Ausser bei *Pellia* habe ich mich auch bei *Riccia* und *Marchantia* vergebens bemüht, die Verwachsung dreier junger Sprossanlagen zu einer Laubachse zu beobachten. Bei beiden habe ich vielmehr die bestimmtesten Andeutungen, dass die Verzweigung mit derselben Einfachheit vor sich geht wie bei *Pellia epiphylla*.

Wenn ich es nun zum Schluss unternehme, die Ergebnisse meiner Untersuchungen in Kürze zusammenzufassen, glaube ich hiermit eine übersichtliche Darstellung der in dem Aufsatz angewandten Terminologie und der ihr zu Grunde liegenden Principien verbinden zu sollen.

## I. Zellen - Arten.

- 1) Scheitelzelle (*Cellula verticalis* = V). Lage: am vorderen Ende des Sprosses. Gestalt: im Grundriss dreiseitig. Sie wird von zwei seitlichen, unter spitzem Winkel rückwärts zusammenstossenden ebenen und einer von der Oberseite um den vorderen Rand nach der Unterseite gebogenen Wand begrenzt. Sie vermittelt (bei *Metzgeria furcata* und den Arten von *Aneura*) das Längenwachsthum der Laubachse:

$$V^n = V^{n+1} + {}_nM.$$

- 2) Randzellen (*Cellulae marginales* = M). Lage: am freien Rande des Sprosses. Gestalt: im Grundriss vierseitig. Sie werden von zwei seitlichen, mit der Achse des Sprosses sich in spitzem oder rechtem Winkel schneidenden und einer rechtwinkelig zu denselben stehenden, dem freien Rande gegenüberliegenden Ebene, sowie von einer von der Oberseite um den Rand nach unten gebogenen Fläche begrenzt. Sie vermitteln (bei *Metzgeria*, *Aneura*, *Pellia*) das Breitenwachsthum und bei *Pellia* überdies noch das Längenwachsthum der Laubachse und bilden (bei *Metzgeria* und *Aneura*) die Grundlage der normalen und adventiven Seitenzweige.

Theilungsfähigkeit nach den Formeln:

$$\begin{aligned} M^n &= M^{n+1} + {}_n P \\ M^n &= {}^2 M^n + {}^2 M^n \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} M^n &= M^{n+1} + {}_n P \\ M^n &= {}^2 M^n + {}^2 M^n \end{aligned}} \right\} \text{ bei Metzgeria, Aneura, Pellia.}$$

$$M^n = M^{n+1} + {}_n E \quad \text{nur bei Aneura pinguis. (Nach Hofmeister auch bei Keimpflanzen von Pellia epiphylla.)}$$

- 3) Flächenzellen (Cellulae planares = P). Lage: in der Fläche des einschichtigen Sprosses. Gestalt: im Grundriss vierseitig, später unregelmässig. Sie werden (in der Jugend) von vier, unter sich und zur Ebene der Laubachse senkrechten, allseitig begrenzten und zwei zur Fläche des Sprosses parallelen, nach oben und unten freien Wänden umschlossen. Sie vermitteln das Dicken- und Breitenwachstum des Sprosses oder werden zu Dauerzellen.

Theilungsfähigkeit nach den Formeln:

$$P^n = {}^2 P^n + {}^2 P^n$$

$$P^1 = E^1 + E^1.$$

- 4) Aussenzellen (Cellulae exteriores = E). Lage: an der Unter- oder Oberseite einer mehrschichtigen Laubachse. Sie werden von sechs, nahezu senkrecht aufeinander stehenden Wänden umschlossen, von denen nur eine frei nach aussen liegt. Sie vermitteln entweder das Dickenwachstum des Sprosses oder bilden eine kleinzelligere Epidermis.

Theilungsfähigkeit nach den Formeln:

$$E^n = E^{n+1} + {}_n J$$

$$E^n = {}^2 E^n + {}^2 E^n.$$

- 5) Innenzellen (Cellulae interiores = J). Lage: im Innern der Laubachse; sie werden in der Jugend von sechs, rechtwinkelig aufeinander stehenden, allseitig begrenzten Wänden umschlossen. Sie tragen zum Dicken- oder Breitenwachstum des Sprosses durch Theilung oder Dehnung bei,

$$J = {}^2 J + {}^2 J.$$

## II. Zellen - Grade.

- 1) Zellen des ersten Grades ( $X^1$ ) sind diejenigen, welche als Tochterzellen nicht aus Mutterzellen derselben, sondern einer nächst höheren <sup>1)</sup> Art hervorgegangen sind.

---

1) Davon macht die normale und die adventive Verzweigung von Metzgeria und Aneura eine Ausnahme. Die Scheitelzellen des ersten Grades ( $V^1$ ), aus welchen der Tochtterspross entsteht, gehen hier aus der nächst niedrigeren Art der Randzellen hervor.

- 2) Zellen des  $n^{\text{ten}}$  Grades ( $X^n$ ) sind diejenigen, welche aus der  $n-1^{\text{ten}}$  Theilung von Mutterzellen derselben Art hervorgegangen sind.

### III. Zellen - Ordnungen.

- 1) Zellen erster Ordnung ( $_1X$ ) sind diejenigen, welche unter allen Zellen der gleichen Art zuerst aus der Theilung einer Mutterzelle einer nächst höheren Art hervorgegangen sind.
- 2) Zellen der  $n^{\text{ten}}$  Ordnung ( $_nX$ ) sind diejenigen, welche aus der Theilung einer Mutterzelle einer nächst höheren Art und des  $n^{\text{ten}}$  Grades hervorgegangen sind.

### IV. Zellen - Generationen.

- 1) Zellen der zweiten Generation ( $^2X$ ) sind diejenigen, welche als vollkommen gleichwerthige Tochterzellen aus einer Mutterzelle derselben Art, desselben Grades und derselben Ordnung hervorgegangen sind.
- 2) Zellen der  $n^{\text{ten}}$  Generation ( $^nX$ ) sind diejenigen, welche aus der  $n-1$ maligen Wiederholung dieses Vorganges hervorgegangen sind.

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel V.

Figur 1. Schematische Darstellung der Zelltheilungsgesetze beim Wachstum des Scheitels von *Metzgeria* und *Aneura pinnatifida*. Die Theilungen der Flächenzellen in die Dicke sind unberücksichtigt geblieben (vgl. Fig. 5).

Fig. 2. Scheitelregion eines kräftigen Sprosses von *Metzgeria furcata*, an welchem die Entwicklung der Tochtersprosse (a und b) nach der falschen Dichotomie schon ziemlich weit vorangeschritten ist, von der Unterseite aufgenommen. — 370mal vergrössert.

Fig. 3. Scheitel eines dürrig entwickelten Zweigsprosses derselben Pflanze. — 370mal vergr.

Fig. 4. Vertikalschnitt durch die Scheitelregion von *Metzgeria furcata*. — 370mal vergr.

Fig. 5. Schematische Darstellung der Theilungen von Rand- und Flächenzellen (*Aneura pinnatifida*; *Metzgeria* z. Th.).

Fig. 6. Jüngster Zustand der Verzweigung von *Metzgeria furcata*, von der Unterseite gezeichnet. — 370mal vergr.

Fig. 7. Schema hierzu.

Fig. 8. Ein anderer Spross derselben Pflanze, im jüngsten Stadium der Verzweigung, von oben gesehen. — 370mal vergr.

Fig. 9. Schema hierzu.

#### Tafel VI.

Fig. 1. Scheitelregion eines kräftigen Sprosses von *Aneura pinnatifida*, von der Unterseite gesehen. — 260mal vergr.

Fig. 2. Jüngstes Stadium der Verzweigung von *Aneura palmata*, von oben gezeichnet. — 515mal vergr.

Fig. 3. Schema hierzu.

Fig. 4. Beginn der Verzweigung bei *Aneura pinguis*, von oben gesehen. — 260mal vergr.

Fig. 5. Schema hierzu.

Fig. 6. Vertikalschnitt durch die Scheitelregion von *Aneura pinguis*, an derjenigen Stelle geführt, wo die Theilung der Randzelle durch schiefe Wände in die Theilung durch senkrechte Wände übergeht.

Fig. 7. Schema hierzu.

Fig. 8. Scheitel von *Pellia epiphylla* nach vorhergegangener Gabelung. — 260mal vergr.

#### Tafel VII.

Fig. 1. Kräftiger Spross von *Aneura pinnatifida*, von oben gezeichnet, die Abstufung in der Stärke des Schattens deutet die Vertheilung der Zellbläschen im Gewebe an. — 48mal vergr. (vergl. Fig. 2 u. 3.)

Fig. 2. Vertikalschnitt durch die Scheitelregion von *Aneura pinnatifida*. Die Zellbläschen treten erst in einiger Entfernung vom Rande im Gewebe auf. — 260mal vergr.

Fig. 3. Vertikalschnitt durch einen dem Scheitel etwas zur Seite liegenden Theil des Randes. Die Zellbläschen treten schon in der Randzelle selbst auf. — 260mal vergr.

Fig. 4. Entwicklung der Brutzellen von *Aneura pinnatifida* an der Mutterpflanze und erste Theilung derselben. — 260mal vergr.

Fig. 5. Vertikalschnitt durch den Scheitel von *Aneura pinguis*. Die Randzelle theilt sich noch durch schiefe Wände (vergl. Taf. VI Fig. 6 u. 7). — 260mal vergr.

Fig. 6. Schema hierzu.

Fig. 7. Vertikalschnitt durch die Scheitelregion von *Pellia epiphylla*. — 260mal vergr.

Fig. 8. Sporen und Schleuderzelle aus der Kapsel von *Aneura palmata*.

Fig. 9. Spore, bei der Keimung sich vergrößernd.

Fig. 10. Dto., durch eine Wand getheilt.

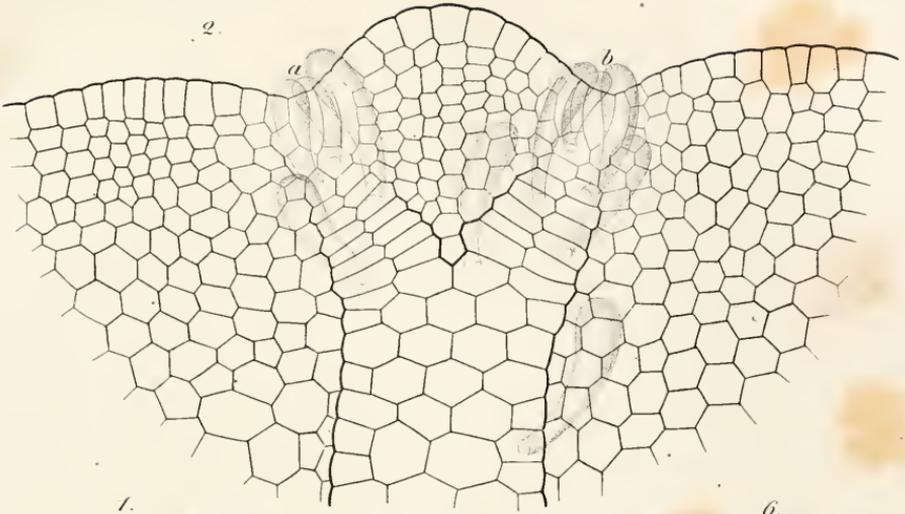
Fig. 11. Dto., durch zwei Wände getheilt.

Fig. 12 und 13. Vorkeim in späteren Stadien, noch eine einfache Zellreihe darstellend.

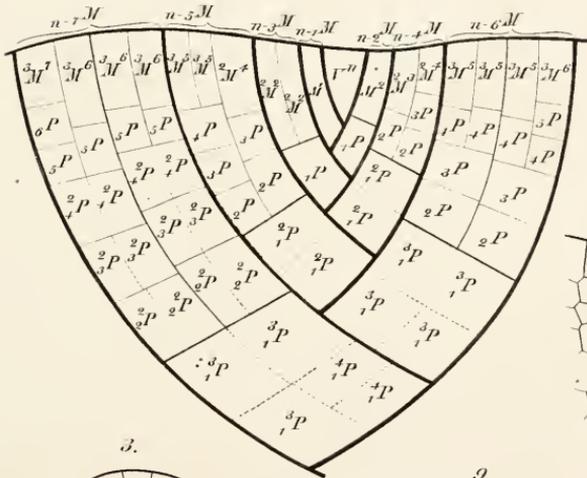
Fig. 14. Theil des verästelten Vorkeimes mit den Anfängen der jungen Pflanze.

Fig. 8—14 305mal vergr.

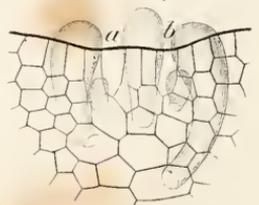
2.



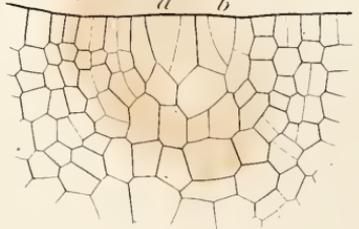
1.



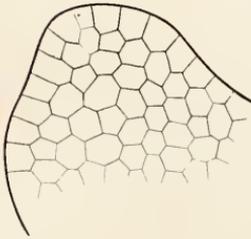
6.



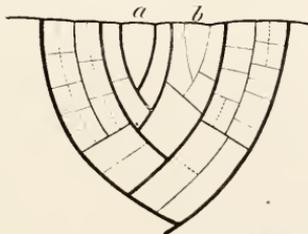
8.



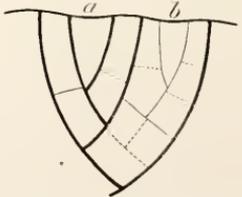
3.



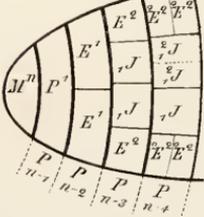
9.



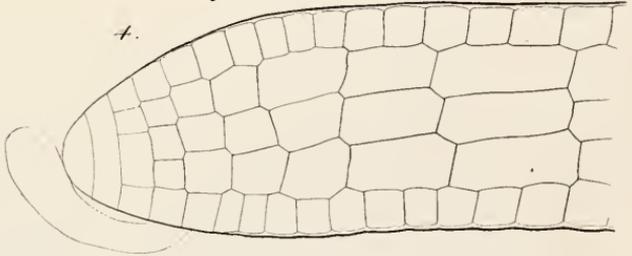
7.

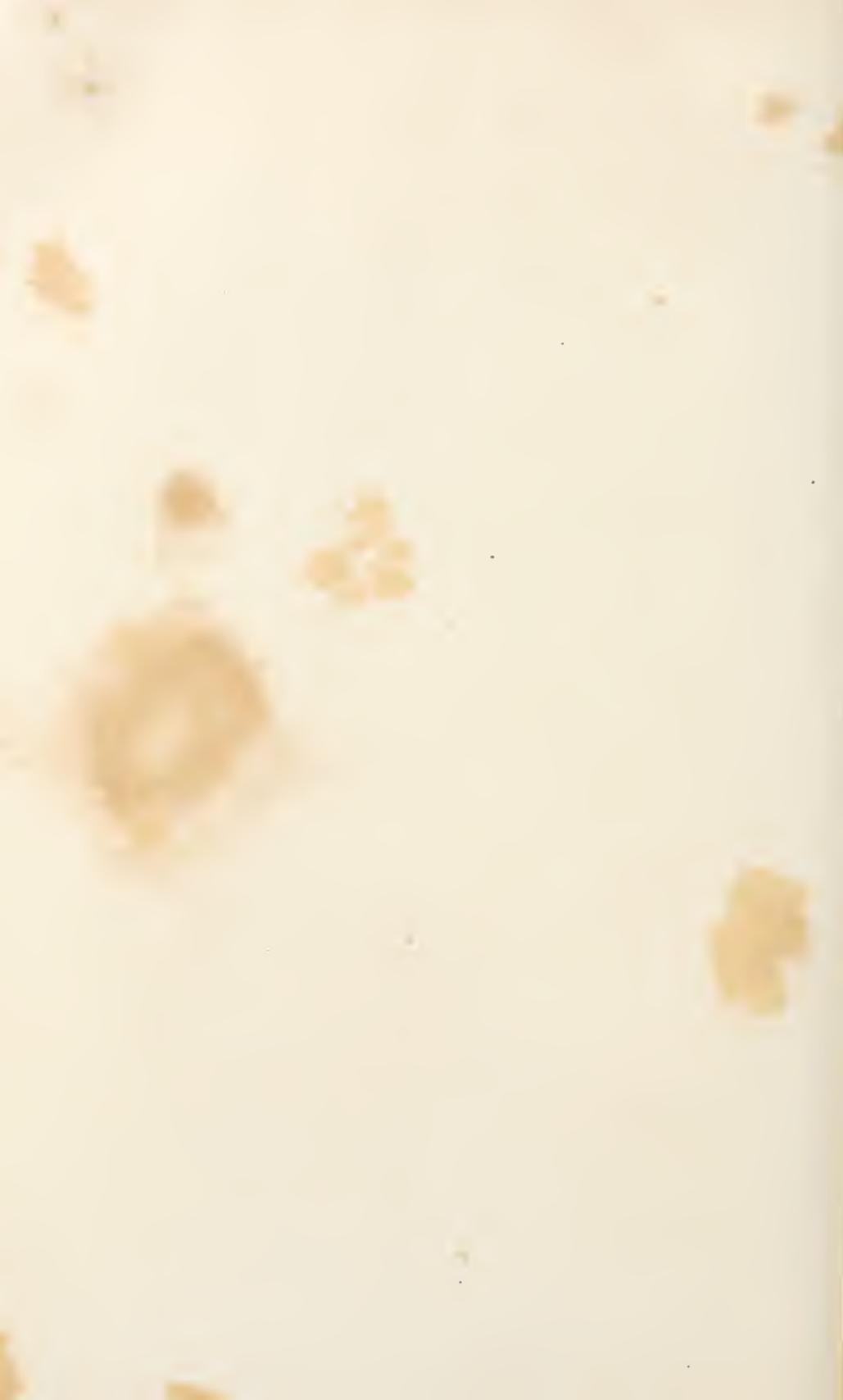


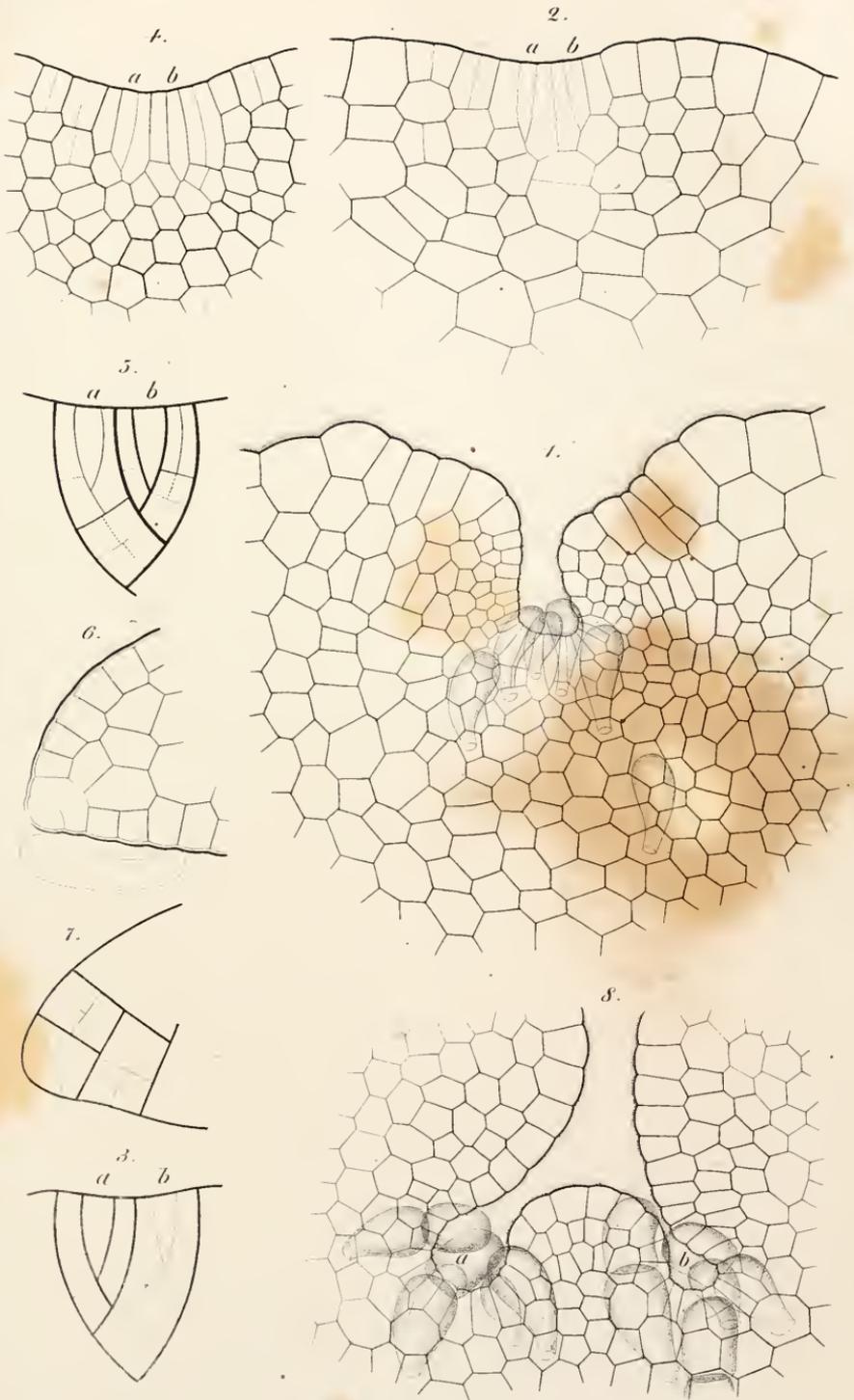
5.

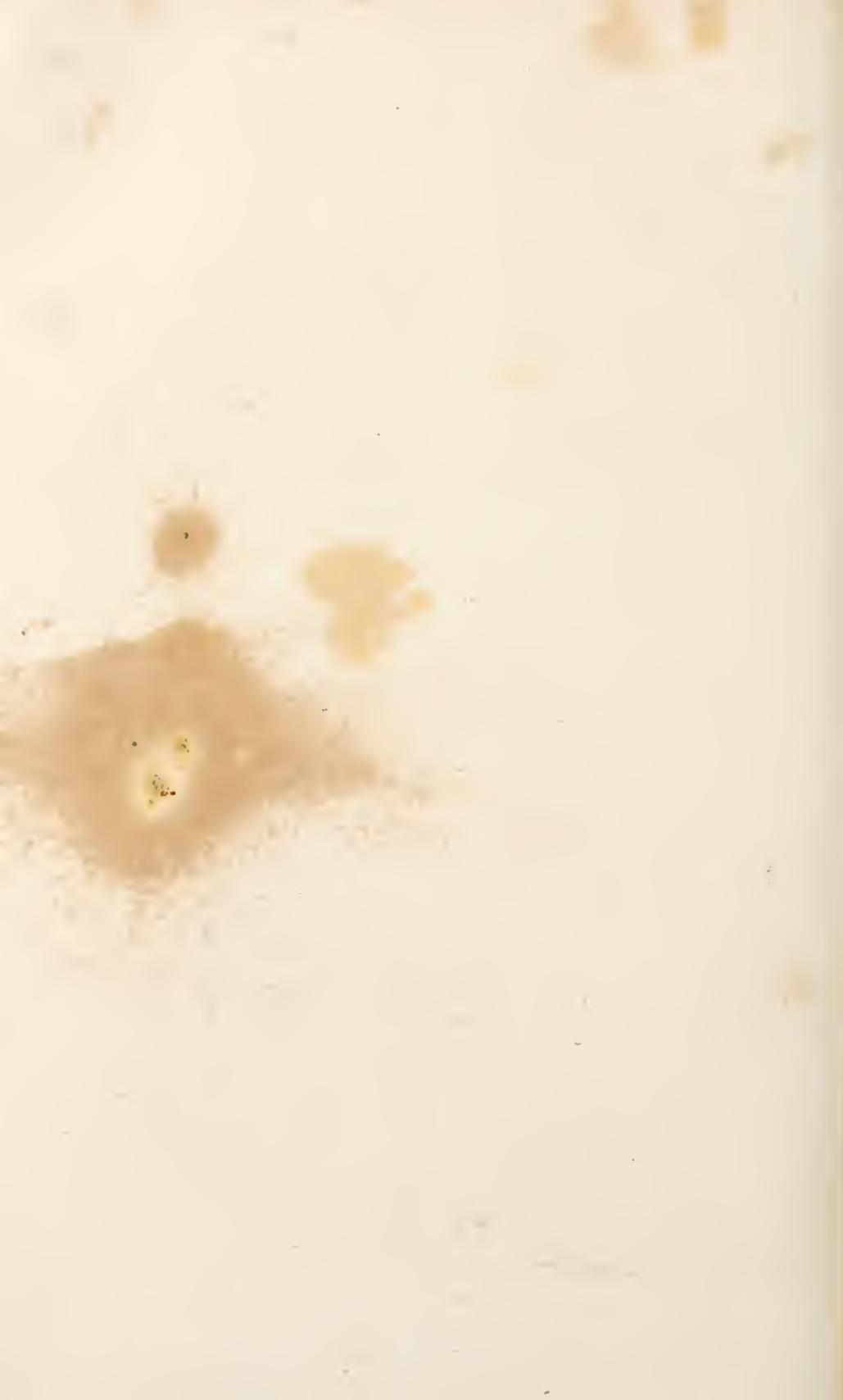


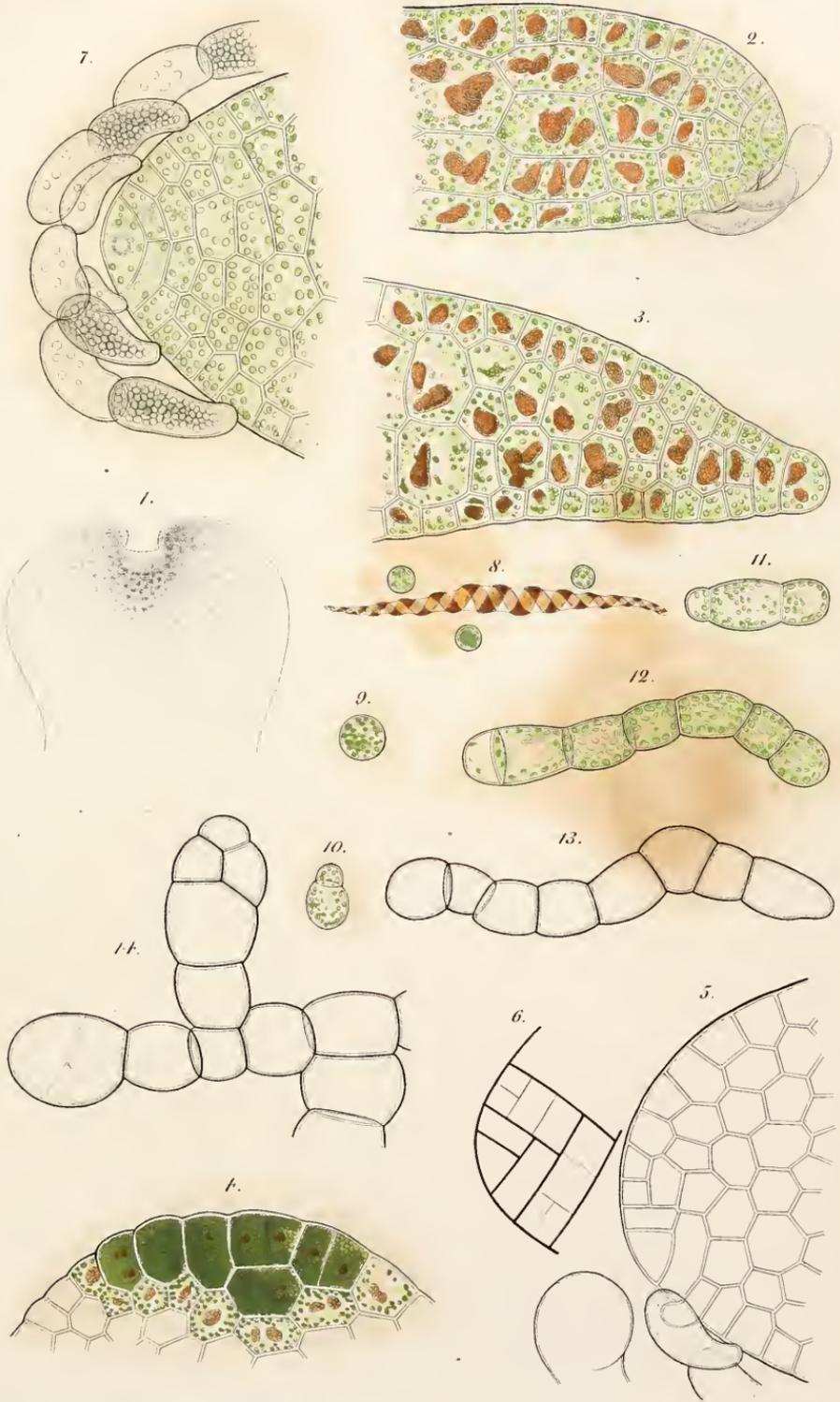
4.











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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1865-1866

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Kny Leopold

Artikel/Article: [Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der laubigen Lebermoose 64-100](#)