

Zeitschrift: Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik
Herausgeber: M.J. Schleiden und Carl Nägeli
Band: 1 (1844-1846)
Heft: 2

Artikel: Wachstumsgeschichte der Laub- und Lebermoose
Autor: Nägeli, Carl
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-357982>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 07.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Wachsthumsgeschichte
der
Laub- und Lebermoose
von
Carl Nägeli.

(Tab. II, III, IV.)

Soviel auch für die Systematik der Laub- und Lebermoose, besonders für die Unterscheidung der Arten und Gattungen gethan worden, so wenig ist verhältnissmässig für Physiologie, für Morphologie und Entwicklungsgeschichte geschehen. Wie entsteht die junge Pflanze aus der Spore, aus der Brutzelle oder aus dem Vorkeim? Wie wächst der Stamm? Wie entspringt das Blatt am Stamme, und wie wächst es? Diese Fragen sind bis jetzt ungelöst. Ohne ihre Beantwortung ist es aber unmöglich, den Begriff der Organe, vorerst des Stammes und des Blattes, festzustellen. Ich will zu diesem Zwecke einige Materialien liefern.

1) *Wachsthum der Laubachsen bei Echinomitrium* (Tab. II, 1—14).

Echinomitrium (*furcatum* und *pubescens*) hat eine schmale, blattartige, dichotomisch - verzweigte Frons, die aus einer einzigen Zellschicht gebildet ist. Dieselbe wird durch einen aus mehreren Zelllagen bestehenden Mittelnerven durchzogen. Die Zellen, welche an dem Rande der Frons stehen, haben die Fähigkeit, durch Prolification neue Achsen zu erzeugen. Diese Achsen bleiben noch längere Zeit mit der Mutterachse verbunden.

Die Zellen des Laubes enthalten wandständiges Chlorophyll und eine wasserhelle Flüssigkeit. In den Randzellen, welche sich in Brutzellen umbilden, trennt sich dieses Chlorophyll von der Wand los, und löst sich auf. Der Inhalt erscheint nun fast homogen oder feinkörnig, und fast farblos. Die Zellen selbst werden indess grösser, und zeichnen sich nun sowohl durch ihre hervorragende Gestalt als durch ihren veränderten Inhalt vor den übrigen Randzellen aus. Diess sind die Brutzellen¹⁾ (Tab. II, Fig. 1, *ABC*). Durch Zellenbildung entwickeln sie sich zu neuen Achsen.

Die Zellenbildung geschieht in folgender Weise. In der Brutzelle entstehen zwei neue Zellen, durch eine schiefe Wand (Fig. 2, *a, aa'*) von einander getrennt. Die untere (oder innere) Zelle ist kleiner (Fig. 2, *aA, aa'A*), die obere (oder äussere) Zelle ist grösser (Fig. 2, *aC, aa'C*). Die erstere nimmt den grössern Theil der angehefteten Oberfläche der Mutterzelle ein; die letztere nimmt den grössern Theil der freien Oberfläche ein. Die letztere, schon ursprünglich die grössere, dehnt sich noch etwas mehr aus, und bildet nun auf gleiche Art zwei neue Zellen, wie es die Brutzelle that. Die Scheidewand hat wieder eine schiefe Lage (Fig. 2, *b, bb'*), aber sie alternirt mit der Scheidewand in der Brutzelle. Wenn die erstere nach rechts gekehrt war, so neigt sich die zweite nach links, und umgekehrt. Die beiden neuen Zellen sind wieder ungleich. Die untere (innere) ist kleiner (Fig. 2, *Bab, abb'*). Die obere (äussere) ist grösser (Fig. 2, *a'bC, a'bb'C*), und erweitert sich sogleich noch um etwas mehr, um sich wieder in zwei Zellen zu theilen. Die Scheidewand (Fig. 2, *cc'*) hat wieder die gleiche Richtung wie die Scheidewand in der Brutzelle (*a, aa'*). Das Spitzenwachsthum schreitet auf die angegebene Weise vorwärts, indem in der Spitzenzelle sich eine schiefe Wand bildet. Diese schiefe Wand ist immer parallel mit der schiefen Wand, durch welche sich die zweite frühere Spitzenzelle theilte, und alternirend

¹⁾ Diese Brutzellen sind einzeln stehend; ähnliche giebt es an der Mittelrippe auf der untern Fläche der Frons. Ausserdem kennt man an *Echinomitrium* auch Brutzellenhäufchen.

mit der Wand, welche in der nächst vorhergehenden Spitzenzelle entstand.

In den Abbildungen Fig. 3, 4, 5, 6, 7 sind Brutknospen in verschiedener Entwicklungsstufe gezeichnet. ABC entspricht überall der ursprünglichen Brutzelle. Dieselbe hat sich zuerst durch die Wand aa' in zwei Zellen getheilt, Aaa' und $Baa'C$. Dann sind nacheinander je in der obern der beiden Tochterzellen (in der, welche die Spitze C berührt) die Scheidewände bb' , dann cc' , dann dd' , dann ee' , ff' , gg' , hh' , ii' , kk' , ll' , mm' entstanden. Diese Wände alterniren, so dass je die zweiten also aa' , cc' , ee' , gg' , ii' , ll' mit einander, und bb' , dd' , ff' , hh' , kk' , mm' mit einander parallel laufen.

Die schiefe Wand, welche in der Brutzelle entsteht, hat keine bestimmt gegebene Lage, d. h. sie schneidet immer die Fläche der Frons unter einem rechten Winkel, aber sie kann sowohl der Spitze als der Basis der Laubachse zugekehrt sein. Das letztere ist jedoch das häufigere. Unter 20 Fällen z. B. zähle ich 7 der erstern und 13 der letztern Art.

Die Brutzelle (Fig. 1, ABC) ist die erste Zelle der neuen Achse: die primäre Zelle des ersten Grades: I^1). Diese Zelle hat eine halbkugelige Gestalt. Die Linie, welche den Mittelpunkt ihrer Basisfläche AB mit ihrem Scheitel C (dem Mittelpunkt ihrer freien Fläche) verbindet, sei ihre Achse. Diese Achse ist zugleich der Anfang der Achsenlinie der entstehenden Frons (Fig. 7, aC). Die Wand, welche in der Brutzelle oder in der primären Zelle des ersten Grades entsteht (Fig. 2, aa'), schneidet ihre Achse unter einem spitzen Winkel. Von den beiden Tochterzellen hat diejenige, welche das äussere (obere) Ende der Achse einnimmt (Fig. 2, BaC , $aa'C$), die Gestalt der Mutterzelle, mit Ausnahme des abgeschnittenen Stückes. Sie gleicht derselben auch in der Zellenbildung. Sie ist die primäre Zelle des zweiten Gra-

¹⁾ Ich bediene mich der gleichen Terminologie, welche ich oben bei der Wachsthumsgeschichte von *Hypoglossum* vorgeschlagen habe. Vgl. pag. 121 ff.

des: I^2 . Die kleinere Zelle dagegen, welche das Basisende der Achse der Mutterzelle einnimmt (Fig. 2, Aa, Aaa'), ist von dieser sowohl in der Gestalt, als in der Zellenbildung verschieden. Sie ist die erste secundäre Zelle: ${}_1II$.

In der primären Zelle des zweiten Grades (Fig. 2, $BaC, aa'C$) sei die Achse wieder diejenige Linie, welche von der Basis nach der Spitze C läuft, und welche daher zusammenfällt mit der Achse der primären Zelle des ersten Grades und mit der Achsenlinie der entstehenden Pflanze. Die Scheidewand, welche die primäre Zelle des zweiten Grades theilt, ist wieder schief zur Achse, und zwar so ziemlich mit der gleichen Neigung, wie die Wand in der primären Zelle des ersten Grades. Sie alternirt aber mit jener; die horizontale Divergenz (senkrecht zur Achse) beträgt genau 180° ; die vertikale Divergenz (parallel mit der Achse) ist ungefähr 90° . Von den beiden Tochterzellen, welche in der primären Zelle des zweiten Grades entstanden sind, ist die untere kleinere (Fig. 2, Bab, abb') die zweite secundäre Zelle: ${}_2II$, die obere grössere aber (Fig. 2, $Ca'b, Ca'bb'$) ist die primäre Zelle des dritten Grades: I^3 .

In der primären Zelle des dritten Grades bilden sich die beiden Tochterzellen wieder auf gleiche Weise wie in der primären Zelle des ersten Grades; indem die Scheidewände einander parallel sind. Diese beiden Tochterzellen sind die primäre Zelle des vierten Grades: I^4 (Fig. 2, $Cb'cc'$) und die dritte secundäre Zelle: ${}_3II$ (Fig. 2, $a'bcc'$). Das Wachsthum in der Endzelle setzt sich in dieser Weise fort, solange die Laubachse wächst. In der primären Zelle des n^{ten} Grades entsteht die primäre Zelle des $n + 1^{\text{ten}}$ Grades und die n^{te} secundäre Zelle oder

$$I^n = I^{n+1} + {}_nII.$$

Die primären Zellen dienen bloss dazu, die Achse zu verlängern, die secundären Zellen, wie wir später sehen werden, dazu, die Achsen in die Breite auszudehnen.

Die ideale Darstellung Fig. 11 erläutert die Zellenbildung an der Spitze der Laubachse. $Cm^7o^7m^8$ war einmal eine einfache

Zelle, und zwar die primäre Zelle des $n - 6^{\text{ten}}$ Grades. Durch die Wand $o^6 m^6$ theilte sie sich in die $n - 6^{\text{te}}$ secundäre Zelle, $n - 6\text{II}$ ($o^7 o^6 m^6 m^8$) und in die primäre Zelle des $n - 5^{\text{ten}}$ Grades, $I^n - 5$ ($C m^7 o^6 m^6$). $I^n - 5$ erzeugte durch die Wand $o^5 m^5$ die Zellen $n - 5\text{II}$ ($o^6 o^5 m^5 m^7$) und $I^n - 4$ ($C m^6 o^5 m^5$). $I^n - 4$ bildete vermittelst der Wand $o^4 m^4$ die Zellen $n - 4\text{II}$ ($o^5 o^4 m^4 m^6$) und $I^n - 3$ ($C m^5 o^4 m^4$). $I^n - 3$ theilte sich durch die Wand $o^3 m^3$ in $n - 3\text{II}$ ($o^4 o^3 m^3 m^5$) und in $I^n - 2$ ($C m^4 o^3 m^3$). $I^n - 2$ bildete vermittelst der Wand $o^2 m^2$ die Zellen $n - 2\text{II}$ ($o^3 o^2 m^2 m^4$) und $I^n - 1$ ($C m^3 o^2 m^2$). $I^n - 1$ erzeugte mit der Wand $o' m'$ die Zellen $n - 1\text{II}$ ($o' o^2 m^3 m'$) und I^n ($C m^2 o' m'$). Wenn sich I^n wieder theilen wird, so wird es durch die Wand $o^0 m^0$ geschehen in die Tochterzellen II^n und I^{n+1} .

In den Fig. 3, 4, 5, 6, 7 bezeichnet überall ABC die primäre Zelle des 1^{ten} Grades: I' ; Aaa' die 1^{te} secundäre Zelle: 1II ; $Baa'C$ die primäre Zelle des 2^{ten} Grades: I^2 ; $Babb'$: 2II ; $Ca'bb'$: I^3 ; $a'bcc'$: 3II ; $Cb'cc'$: I^4 ; $b'cdd'$: 4II ; $Cc'dd'$: I^5 ; $c'dee'$: 5II ; $Cd'ee'$: I^6 ; $d'eff'$: 6II ; $Ce'ff'$: I^7 u. s. w.

An den Spitzen der Achsen von *Echinomitrium* ist die Zellenbildung meistens nicht deutlich zu erkennen. Der Grund davon liegt darin, dass die Seitentheile das Punctum vegetationis überwachsen, so dass die relative Lage der Zellen nur sehr schwer oder gar nicht zu entziffern ist. Bei *Echinomitrium furcatum* Var. *lineare* jedoch kann das Wachsthum häufig beobachtet werden. Man erkennt dann immer eine einzige Zelle an der Spitze (primäre Zelle) oder eine Zelle, welche sich eben durch eine schiefe Wand getheilt hat in eine neue primäre Zelle und in eine secundäre Zelle. Je dünner die Laubachsen, desto leichter ist das Wachsthum zu sehen. Oft erkennt man auch an den ausgebildeten Achsen, besonders wenn sie recht schmal sind, ganze Strecken weit die alternirenden Wände, welche sich in den successiven Endzellen (primären Zellen) gebildet hatten, als vorherrschende Trennungslinien im Zellgewebe. Meistens jedoch geht durch die ungleiche Ausdehnung der Dauerzellen für das Auge die regelmässige Anordnung verloren.

Die Abbildungen Fig. 8 und 9 stellen die wachsende Spitze von schmalen Laubachsen dar. Die Anordnung der Zellen ist dieselbe wie in den Brutknospen. Nacheinander sind hier die Scheidewände aa' , dann bb' , darauf cc' , ferner dd' , ee' , ff' , gg' , hh' , ii' , kk' in der jeweiligen Endzelle entstanden. Davon sind aa' , cc' , ee' , gg' , ii' nach der einen, bb' , dd' , ff' , hh' , kk' nach der andern Seite gerichtet. $Ca'bb'$, $Cb'cc'$, $Cc'dd'$, $Cd'ee'$, $Ce'ff'$, $Cf'gg'$, $Cg'hh'$, $Ch'ii'$, $Ci'kk'$ sind die successive entstandenen und durch die Fortpflanzung wieder verschwundenen, primären Zellen. $a'bcc'$, $b'cdd'$, $c'dee'$, $d'eff'$, $e'fgg'$, $f'ghh'$, $g'hii'$, $h'ikk'$ sind die nacheinander entstandenen secundären Zellen.

Die Abbildung Fig. 10 zeigt ein mittleres Stück einer Laubachse. In der Anordnung der Zellen erkennt man noch die ursprünglichen Scheidewände, welche sich in den primären Zellen bildeten. Sie sind in der Reihenfolge, wie sie entstanden sind, mit aa' , bb' , cc' , dd' , ee' , ff' , gg' , hh' , ii' , kk' bezeichnet. Den successiven secundären Zellen entsprechen die Zellengewebspartieen $a'bcc'$, $b'cdd'$, $c'dee'$, $d'eff'$, $e'fgg'$, $f'ghh'$, $g'hii'$, $h'ikk'$.

Für das Spitzenwachsthum der Laubachsen an *Echinomitrium* muss demnach folgendes Gesetz ausgesprochen werden: Das Laub wächst durch eine einzige Zelle (primäre Zelle) an der Spitze. In dieser primären Zelle entstehen zwei Tochterzellen: eine neue primäre Zelle zur Verlängerung der Achse, und eine secundäre Zelle, um das Zellgewebe für die Achse zu bilden. Die Scheidewand, welche die beiden Tochterzellen in der Mutterzelle erzeugen, bildet einen spitzen Winkel mit der Achse, und ist in den successiven primären Zellen alternirend nach rechts und nach links geneigt.

Durch die primären Zellen wachsen die Achsen in die Länge, durch die secundären Zellen in die Breite. Die Zellenbildung in den letztern geschieht auf folgende Art. Die secundären Zellen haben alle, mit Ausnahme der zwei ersten, eine mehr oder weniger zusammengedrückte Gestalt, welche von vier Flächen begrenzt ist (Fig. 3, $c'dee'$). Es sind zwei parallele gerade Seitenflächen, nämlich

eine untere (dc') und eine obere (ee'). In der $n - 1^{\text{ten}}$ secundären Zelle (Fig. 11, $o^2 o^1 m^1 m^3$) entsprechen diese Seitenflächen ($o^2 m^3$ und $o^1 m^1$) den Scheidewänden, welche in der primären Zelle des $n - 3^{\text{ten}}$ Grades ($Cm^5 o^4 m^4$) und in der primären Zelle des $n - 1^{\text{ten}}$ Grades ($Cm^3 o^2 m^2$) entstanden sind. Die dritte Begrenzungsfläche ist eine kurze gerade Fläche, welche als die Basisfläche zu bezeichnen ist (Fig. 3, ed ; Fig. 11, $o^2 o^1$). Sie entspricht für die $n - 1^{\text{te}}$ secundäre Zelle (Fig. 11, $m^3 o^2 o^1 m^1$) dem untersten Theil der Wand ($o^2 m^2$), welche in der $n - 2^{\text{ten}}$ primären Zelle ($Cm^4 o^3 m^3$) sich gebildet hatte. Die vierte Begrenzungsfläche ist convex und überall frei. Sie begrenzt die zusammengedrückte secundäre Zelle überall nach aussen (in der Zelle $c'dee'$ Fig. 3 von de durch $c'e'$ wieder bis zu de), und ist bandförmig. Ihr Mittelpunkt sei der Scheitel (Fig. 3, v ; 11, v), und diejenige Linie, welche den Mittelpunkt der Basisfläche mit dem Scheitel verbindet, sei die Achse der secundären Zelle.

In der secundären Zelle entstehen zwei Tochterzellen. Die Scheidewand (Fig. 4, p, o ; 5, s ; 8, o, o, o) läuft ziemlich parallel mit der Basisfläche (z. B. in Fig. 4, o mit bc , in Fig. 5, s mit de) und schneidet die Achse unter einem Winkel, der fast 90° beträgt. Die beiden Tochterzellen sind ungleich in Gestalt und in dem Zellenbildungsvermögen. Die innere (Fig. 4, bco ; 5, des ; 8, abo, bco, cdo etc.) ist in der Fläche der sich bildenden Frons von vier geraden Flächen, von denen je zwei parallel laufen, begrenzt, oder mit andern Worten, von vier Zellen rings umschlossen. In dieser Ebene theilt sie sich nicht mehr. Es ist die erste tertiäre Zelle: 1III . Die äussere der beiden Tochterzellen (Fig. 4, $a'oc'$; 5, $c'se'$; 8, $a'oc', b'od', c'oe'$ etc.) hat die Gestalt der Mutterzelle, nämlich eine gerade Basisfläche, zwei gerade parallele Seitenflächen und eine convexe freie Endfläche. Sie hat auch das gleiche Vermögen, sich zu theilen, wie die Mutterzelle. Sie ist die secundäre Zelle des zweiten Grades: II^2 ; und die Mutterzelle muss demnach als die secundäre Zelle des ersten Grades: II^1 bezeichnet werden.

Die secundäre Zelle des zweiten Grades dehnt sich aus, besonders mit ihrer freien convexen Fläche; sie wächst in der Richtung ihrer Achse. Dann theilt sie sich durch eine Wand in zwei Tochterzellen. Die Wand (Fig. 7, o in der Zelle $a'nc'$) ist parallel mit der Basisfläche (n), und schneidet die Achse unter einem Winkel von ungefähr 90° . Die innere der beiden Tochterzellen (no) gleicht in Gestalt und Lage der ersten tertiären Zelle (bcn) und ist die zweite tertiäre Zelle: ${}_2\text{III}$. Die äussere (Fig. 7, $a'oc'$) stimmt in allen Eigenschaften mit der secundären Zelle des zweiten Grades ($a'nc'$) überein, und ist die secundäre Zelle des dritten Grades: II^3 .

In der secundären Zelle des zweiten Grades tritt häufig eine andere Art der Zellenbildung ein. Es bilden sich nämlich zwei gleiche Tochterzellen. Die Scheidewand fällt mit der Achse der Mutterzelle in ihrer ganzen Länge zusammen (Fig. 5, p in der Zelle $a'odc'$, r in der Zelle $b'qed'$), und ist demnach parallel mit den beiden Seitenflächen der Mutterzelle (oa' , dc' und qb' , ed'), und steht mitten auf deren Grundfläche (do und qe). Jede der beiden Tochterzellen (opa' , dpc' und qrb' , erd') hat eine ähnliche Gestalt wie die Mutterzelle und ebenfalls ein gleiches Zellenbildungsvermögen. Jede hat eine gerade Grundfläche, zwei gerade Seitenflächen und eine convexe Endfläche. Die Achse geht von dem Mittelpunkt der Grundfläche zum Mittelpunkt der Endfläche, und liegt in der Achsenebene der sich bildenden Frons. Auf diese Weise entstehen in der secundären Zelle des zweiten Grades zwei neue doppelt kleinere secundäre Zellen des zweiten Grades, zweite Generation: ${}_2\text{II}^2$ und ${}_2\text{II}^2$.

Wenn in der secundären Zelle des zweiten Grades sich zwei gleiche Tochterzellen bilden, so sind sie beide secundäre Zellen, und besitzen die Natur der Mutterzelle. Wenn in der secundären Zelle des zweiten Grades sich zwei ungleiche Zellen bilden, so ist die eine davon ebenfalls eine secundäre Zelle, und stimmt in ihrer Natur mit der Mutterzelle überein. Desswegen ist aber diese eine secundäre Zelle nicht mit jenen zwei secundären Zellen vollkommen identisch, und darf auch nicht auf gleiche Weise

bezeichnet werden. Wenn zwei ungleiche Tochterzellen (III u. II) entstehen, so ist die secundäre Zelle um ein Element (um eine tertiäre Zelle) weiter von der Laubachse entfernt als die Mutterzelle. Sie ist deswegen eine secundäre Zelle des (folgenden) dritten Grades. Wenn aber die beiden Tochterzellen gleich sind (II und II), so grenzen sie nach innen an die erste tertiäre Zelle. Sie sind gleichweit von der Laubachse entfernt wie die Mutterzelle, und müssen deswegen auch als secundäre Zellen des (gleichen) zweiten Grades bezeichnet werden. Um ihre Verschiedenheit von der Mutterzelle anzudeuten, nenne ich sie die secundären Zellen des zweiten Grades zweite Generation: ${}^2\text{II}^2$.

Diese Zellenbildung geht nach dem gleichen Gesetze fort. Wie in der secundären Zelle des zweiten Grades, so kann in der secundären eines höhern Grades eine doppelte Zellenbildung auftreten. Entweder bilden sich zwei hintereinanderliegende ungleiche Zellen. Die eine, näher der Achse der Frons ist ganz von Zellgewebe umschlossen, und hat vier gerade Flächen, von denen je zwei parallel sind. Die andere, am Rande befindlich, ist bloss von drei geraden Flächen (und daselbst von Zellen) begrenzt; die vierte Fläche ist convex und frei. Die erstere ist der Mutterzelle ungleich, die zweite ist ihr gleich. Oder es entstehen zwei neben einander liegende gleiche Zellen, beide ähnlich der Mutterzelle. Das Gesetz der Zellenbildung lässt sich so aussprechen: In der secundären Zelle des n^{ten} Grades bilden sich entweder die n^{te} tertiäre Zelle und die secundäre Zelle des $n + 1^{\text{ten}}$ Grades oder zwei secundäre Zellen des n^{ten} Grades, 2te Generation:

$$\text{II}^n = {}_n\text{III} + \text{II}^{n+1},$$

$$\text{oder } \text{II}^n = {}^2\text{II}^n + {}^2\text{II}^n.$$

Die idealen Darstellungen Fig. 12 A und B, 13 A und B sollen diese Zellenbildung deutlicher machen. In Fig. 12 entsprechen $m o o m$ ($m o^9 o^8 m$, $m o^8 o^7 m$ $m o^2 o^1 m$) den successiven secundären Zellen des ersten Grades. In jeder derselben entstehen durch die Wand p zwei Tochterzellen: die 1^{te} tertiäre Zelle, ${}_1\text{III}$, $p o o$ ($p o^9 o^8$, $p o^8 o^7$ $p o^3 o^2$) und die secundäre Zelle des 2^{ten} Grades.

II^2 , mmp . II^2 erzeugt durch die Wand q die Zellen $qp = {}_2\text{III}$ und $mqm = \text{II}^3$. In II^3 entstehen mit der Wand r die Zellen $rq = {}_3\text{III}$ und $mr m = \text{II}^4$. In II^4 tritt die Wand s und die Zellen $sr = {}_4\text{III}$ und $msm = \text{II}^5$ auf. II^5 bildet durch die Wand t die Zellen $ts = {}_5\text{III}$ und $mtm = \text{II}^6$. Allgemein $\text{II}^n = \text{II}^{n+1} + {}_n\text{III}$.

In Fig. 13 sind die successiven secundären Zellen des 1^{ten} Grades mit $moom$ (mo^7o^6m , mo^6o^5m , mo^5o^4m , mo^4o^3m , mo^3o^2m und mo^2o^1m) bezeichnet. Die Scheidewand po (po^5 , po^4 , po^3 , po^2 , po^1) theilt sie in die erste tertiäre Zelle, ${}_1\text{III}$, $ooop$ ($o^7o^6o^5p$, $o^6o^5o^4p$, $\dots o^3o^2o^1p$) und in die secundäre Zelle des zweiten Grades, II^2 , $mpom$ (mpo^5m , mpo^4m , $\dots mpo^1m$). II^2 erzeugt durch die Wand aa zwei (gleiche) secundäre Zellen des zweiten Grades zweite Generation, ${}^2\text{II}^2$ und ${}^2\text{II}^2$, $mpaa$ und $aa o^5m$. Jede ${}^2\text{II}^2$ erzeugt vermittelt der Wand q oder qq die zweite tertiäre Zelle, ${}_2\text{III}$, oqa , aqp oder $aqqp$, und die secundäre Zelle des dritten Grades, II^3 , mqa oder $mqqa$. II^3 bildet entweder durch die Wand r die Zellen $rq = {}_3\text{III}$ und $mra = \text{II}^4$, oder durch die Wand bb die Zellen $aqbb$ und $bbqm$, beide secundäre Zellen des dritten Grades zweite Generation, ${}^2\text{II}^3$. Jede ${}^2\text{II}^3$ theilt sich wieder wie II^3 durch die Wand r in die Zellen $rqb = {}_3\text{III}$ und arb oder $brm = \text{II}^4$ u. s. w. Allgemein $\text{II}^n = {}_n\text{III} + \text{II}^{n+1}$ oder $\text{II}^n = {}^2\text{II}^n + {}^2\text{II}^n$.

Innerhalb dieses Gesetzes treten eine Menge von verschiedenen Modificationen auf, welche als individuell zu bezeichnen, und welche theils an verschiedenen Achsen theils an der gleichen Achse vorhanden sind. Diese individuellen Modificationen betreffen einmal die Dauer der Zellenbildung und die Menge der Zellen, welche aus einer secundären Zelle des ersten Grades hervorgehen. Sie bedingen die verschiedene Breite der Frons. Die individuellen Modificationen betreffen ferner das Verhältniss, in welchem die doppelte Art der Zellenbildung in den secundären Zellen der verschiedenen Grade miteinander abwechselt. Sie bedingen dadurch die relative Grösse der Zellen, namentlich des Durchmessers, welcher mit der Achse der Frons parallel ist. Zuweilen geschieht es nämlich, dass die zweite Art der Zellenbildung ($\text{II}^n = {}^2\text{II}^n + {}^2\text{II}^n$) ganz mangelt; dann sind alle Zellen der Frons gleichlang (Fig. 8, Fig. 10,

Fig. 12). Ist sie hingegen vorhanden, so sind die äussersten Zellen kürzer als die mittlern, und zwar um so mehr, je häufiger sie sich wiederholt hat (vgl. Fig. 13).

Durch die beiden Zellenbildungsprocesse erstens in den primären Zellen und zweitens in den secundären Zellen einer Laubachse wird eine Zellfläche (einfache Zellschicht) gebildet. Diese Zellfläche besteht aus tertiären, aus secundären und einer primären Zelle. Alle Zellen, welche ringsum (in der Fläche) von Zellen umgeben sind, sind tertiäre Zellen. Alle Zellen, welche am Rande stehen, und bloss auf drei Seiten von Zellen umschlossen mit der vierten Seite aber frei sind, sind secundäre Zellen verschiedener Grade. Die Zellenbildung hat in ihnen aufgehört, obgleich sie nach morphologischem Gesetze die Möglichkeit der Zellenbildung besitzen. Die Endzelle endlich, welche an der Spitze der Achse steht, ist die fortwachsende primäre Zelle des n^{ten} Grades.

Wie das Zellgewebe einer Achse nach bestimmten Gesetzen entstanden ist, so muss es auch eine diesen Gesetzen entsprechende Anordnung besitzen. Und wenn auch diese regelmässige Anordnung durch spätere ungleiche Ausdehnung der Zellen getrübt und durch Bildung des Mittelnerven dem Blicke oft ganz unkenntlich wird, so ist sie doch nichtsdestoweniger der That nach vorhanden. In sehr dünnen und zarten Achsen, wo der Mittelnerv sich nicht oder bloss schwach entwickelt, ist die gesetzmässige Anordnung der Zellen häufig zu erkennen.

Die ganze Zellfläche einer Achse entsteht ursprünglich aus zwei senkrechten Reihen von alternirenden secundären Zellen des ersten Grades (Fig. 3, Fig. 11). Wenn diese secundären Zellen des ersten Grades keine Tochterzellen erzeugten, so würde die Achse bloss aus zwei Zellenreihen bestehen. Ich habe diess wirklich bei abortiven Achsen beobachtet, wo bloss die Zellenbildung in den primären Zellen, nicht mehr in den secundären Zellen auftrat (Fig. 6). — Im normalen Zustande aber findet Zellenbildung in den secundären Zellen statt. Hier muss die Zellfläche aus alternirenden Stücken von Zellgewebe bestehen, welche schief nach

oben ansteigen und eine lanzettliche oder auch wohl keilförmig-lanzettliche Gestalt haben. Jedes dieser Zellgewebstücke entspricht einer secundären Zelle des ersten Grades, weil es aus ihr entstanden ist (Fig. 12 und 13, *mmoo*; Fig. 10, *a'bcc'*, *b'cdd'*, *c'dee'* etc.).

In der Achsenlinie der Zellfläche liegen zwei Reihen abwechselnder Zellen, von denen jede die innerste Zelle eines der eben beschriebenen Zellgewebstücke ist. Diese Zellen sind die ersten tertiären Zellen, welche je aus den secundären Zellen des ersten Grades entstanden sind (Fig. 13 und 12, ${}_1\text{III}$, ${}_1\text{III} \dots$). Aus diesen beiden Zellenreihen entsteht der Mittelnerv (Fig. 10, $N^1 N^2 N^1 N^2$), indem die Zellen sich durch Zellenbildung in der auf die Fläche der Frons senkrechten Richtung theilen ¹⁾. Der Mittelnerv, wenn er auch nachher breiter zu sein scheint, geht immer nur aus den zwei mittlern senkrechten Zellenreihen oder aus den ersten tertiären Zellen hervor. An ganz dünnen Achsen fehlt derselbe in seltenen Fällen stellenweise ganz, indem in den ersten tertiären Zellen die Zellenbildung nicht eintritt. Oder dieselbe mangelt nur der einen Reihe von ersten tertiären Zellen, oder auch nur einzelnen Zellen.

Den übrigen tertiären Zellen mangelt in der Regel die Zellenbildung. Senkrecht zur Fläche der Frons mangelt sie ihnen absolut, mit Ausnahme der Haarzellenbildung. Parallel mit der Fläche der Frons dagegen theilen sich die tertiären Zellen zuweilen noch durch eine Wand, welche häufig mit der Achse der Mutterzelle zusammenfällt. Dabei wird angenommen, dass die Achse einer tertiären Zelle die gleiche sei, wie die Achse ihrer secundären Mutterzelle. So haben sich in Fig. 14 verschiedene tertiäre Zellen durch die Wand *o* getheilt. In Fig. 7 hat die zweite tertiäre Zelle *lmm* vermittelst der Scheidewand *n* zwei neue Zellen erzeugt. Diese zufällige (d. h. nach keinem bestimmten Gesetze geregelte)

¹⁾ Die Gesetze dieser Zellenbildung werde ich ein ander Mal darlegen und mich diessmal auf das Spitzenwachsthum und das Wachsthum in der Fläche bei Laub- und Lebermoosen beschränken.

Zellenbildung scheint vorzüglich den Zweck zu haben, die Ungleichheiten in der Grösse der Zellendurchmesser zu beseitigen, und trifft daher besonders die schmälere Zellen. Zuweilen jedoch geschieht das Gegentheil.

2) *Wachsthum des Brutkeimblattes von Lunularia* (Tab. III. Fig. 1—23).

Ich bemerke zuerst, dass ich hier *Brutkeimblatt* oder *Brutvorkeim* nenne, was sonst gewöhnlich „Brutknospe“ heisst. Den Namen werde ich später rechtfertigen.

Mirbel hat bei seinen Untersuchungen über *Marchantia polymorpha* auch die Bildungsgeschichte des Brutkeimblattes von ihm *Bulbille* genannt, geschildert. Es geht daraus aber weiter nichts hervor, als dass dasselbe aus einer einfachen Mutterzelle entstehe.

Auf dem Grunde des Brutzellenbehälters (»Knospenbehälters«) von *Lunularia vulgaris* erheben sich einzelne Zellen, und wachsen aus. Sie theilen sich dann durch eine Wand in zwei Tochterzellen, in der Weise, dass die untere Tochterzelle dem ursprünglichen Lumen der Mutterzelle, ehe sie auswuchs, die obere Tochterzelle aber dem auswachsenden, hervorragenden Theil der Mutterzelle entspricht. Die obere der beiden Tochterzellen ist also eine freie, bloss mit ihrer Grundfläche festsitzende Zelle. Sie ist der Anfang einer neuen Achse, eine primäre Zelle des ersten Grades: I¹ (Fig. 1, *ac*).

Die Achse dieser Zelle ist die Linie, welche den Mittelpunkt ihrer (festsitzenden) Grundfläche mit ihrem Scheitel verbindet (Fig. 1, *ac*). Sie erzeugt zwei Tochterzellen durch eine horizontale, die Achse unter einem rechten Winkel schneidende Wand (Fig. 1, *b*). Die untere der beiden Tochterzellen (*ab*) hat die Gestalt eines kurzen Cylinders, mit zwei geraden Endflächen. Sie ist die erste secundäre Zelle, II, besitzt nicht die Fähigkeit, neue Zellen zu erzeugen, und wird später zum Träger oder Stiel des Brutkeimblattes, womit dasselbe auf dem Boden des Brutbehälters angeheftet ist (Fig. 2—15, *A*).

Die obere der beiden Tochterzellen hat eine halbkugelige oder cylindrisch-kegelförmige Gestalt (Fig. 1, *bc*). Sie ist die primäre

Zelle des zweiten Grades, 1^2 , und wird zur Brutzelle. Sie besitzt dieselbe Eigenthümlichkeit, wie die randständigen Brutzellen in *Echinomitrium*, dass sie sich nicht von der Mutterpflanze trennt.

Die Brutzelle dehnt sich aus, vorzüglich in die Länge, und theilt sich dann in vier Zellen durch drei horizontale, die Achse unter einem rechten Winkel schneidende Wände (Fig. 1, m, n, o). In welcher Reihenfolge die Scheidewände entstehen, darüber habe ich mir noch keine vollständige Gewissheit verschafft. Ich glaube aber, dass die Brutzelle sich zuerst durch die mittlere Wand (n) in zwei gleiche Tochterzellen (bn und nc), und dass dann jede dieser letztern sich noch einmal auf gleiche Weise theilen, so dass also die vier Tochterzellen (bm, mn, no und oc) gleichwerthig wären, und der dritten Generation angehörten. Ich will diese vier Zellen primäre Zellen nennen: theils aus Gründen der Analogie, die sich auf Untersuchungen an Algen stützen, theils wegen der Aehnlichkeit, welche dann die Zellenbildung in den secundären Zellen mit der gleichen Zellenbildung in *Echinomitrium* zeigen wird.

Auf dieser Stufe der Entwicklung ist das Brutkeimblatt eine aus vier Gliedern bestehende Zellenlinie (Zellfaden). Ob diese Zahl absolut gesetzmässig sei, kann ich nicht mit Bestimmtheit angeben. Jedenfalls begründet sie eine fast ausnahmslose Regel. In einer Menge von Fällen zählte ich am Brutkeimblatte vier Glieder; ein einziges Mal glaubte ich deren fünf zu zählen.

Die vier Zellen haben die Gestalt eines kurzen scheibenförmigen Cylinders (Fig. 1, bm, mn, no ; Fig. 2, $a^1 a^1 a^2 a^2, a^2 a^2 a^3 a^3, a^3 a^3 a^4 a^4$), mit Ausnahme der Endzelle, welche ein Kugelsegment ist (Fig. 1, oc ; Fig. 2, $a^4 a^4 c$). Sie haben die gleiche Achse wie die ursprüngliche Mutterzelle oder die Brutzelle. Jede dieser vier primären Zellen theilt sich durch eine senkrechte, in ihre Achse fallende Wand (Fig. 3, b) in zwei gleiche secundäre Zellen (Fig. 17, II¹). Die vier Wände liegen in der gleichen Ebene. Diese Zellenbildung ist ziemlich gleichzeitig, oder, wenn sie es nicht ist, so beginnt sie in der Endzelle (Fig. 4).

Die Richtung der ersten Wand, die sich bildet, scheint zufällig

zu sein, so dass ihr alle möglichen vertikalen Stellungen offen stehen, wenn sie nur in die Achse der primären Zelle fällt. Durch die erste Wand ist aber sogleich die Richtung der übrigen gegeben, weil sie mit ihr in derselben Ebene liegen müssen. Dadurch wird die Gestaltung des Brutkeimblattes in die Fläche bedingt.

Die Achse der primären Zellen ist die Achse der Brutzelle (Fig. 1, 2). Nachdem die secundären Zellen gebildet sind, so nimmt die Scheidewand die Stelle der Achse ein (Fig. 3, 4). — Die secundären Zellen (mit Ausnahme der zwei letzten) haben die Gestalt eines halben Cylinders. Diese sechs untern secundären Zellen werden von einer centralen kurzen Grundfläche (Fig. 3, *b*), von zwei geraden parallelen Seitenflächen und einer convexen freien Endfläche begrenzt. Die Achse geht von dem Mittelpunkte der Grundfläche nach dem Mittelpunkt der convexen Endfläche (Fig. 5, *m*). Die Achse der secundären Zellen (*bm*) liegt also horizontal. Der Grund für diese Annahme liegt darin, weil sowohl das Wachsthum der Zellen als die Zellenbildung in dieser Richtung stattfindet.

Die secundären Zellen des Brutkeimblattes von *Lunularia* haben im Wesentlichen eine gleiche Gestalt und gleiche Achse, wie die secundären Zellen des ersten Grades der Frons von *Echinomitrium*. Sie besitzen eine gerade Grundfläche, zwei gerade parallele Seitenflächen und eine convexe Endfläche, ferner eine Achse, welche mit den beiden Seitenflächen parallel läuft. Wir werden sogleich sehen, dass auch die Zellenbildung an beiden Orten die gleiche ist; — und dass somit die Analogie ausser Zweifel gestellt wird. — Der Unterschied liegt darin: Im Brutkeimblatte von *Lunularia* schneiden Achse und Seitenflächen der secundären Zellen die Achse des Brutkeimblattes unter einem rechten Winkel, und die Grundfläche liegt in der Achse des Keimblattes. In der Frons von *Echinomitrium* dagegen schneiden Achse und Seitenflächen der secundären Zellen des ersten Grades die Achse der Frons unter einem spitzen Winkel; ebenso schneidet die Grundfläche die Achse der Frons unter einem spitzen Winkel, der annähernd das Complement zum erstern bildet.

Die Zellenbildung, welche nun aus den sechs untern secundären

Zellen (Fig. 3, $a^1 b a^2$, $a^2 b a^3$, $a^3 b a^4$) entspringt, ist folgende. Die secundäre Zelle des ersten Grades, II^1 , theilt sich durch eine mit der Grundfläche parallele, auf die Achse senkrechte Wand (Fig. 5, 6, 7, 8, c, c, c : in eine innere, von vier geraden Flächen eingeschlossene erste tertiäre Zelle, ${}_1III$, (Fig. 5—8, bc oder bbc ; Fig. 18, ${}_1III$) und in eine äussere mit einer convexen freien Endfläche begabte secundäre Zelle des zweiten Grades, II^2 (Fig. 5—8, caa ; Fig. 18, ${}_1II^2$). Die erste tertiäre Zelle theilt sich vorerst nicht weiter. Die secundäre Zelle des zweiten Grades dagegen, welche die gleiche Gestalt und die gleiche Achse besitzt wie die Mutterzelle, erzeugt wieder zwei Tochterzellen. — Die secundäre Zelle des ersten Grades, II^1 , kann auch noch auf eine andere Art sich fortpflanzen, was jedoch nur sehr selten geschieht. Sie theilt sich durch eine mit ihrer Achse parallele Wand (Fig. 6, c') in zwei neben einander liegende gleiche Tochterzellen ($bc'a$): in zwei secundäre Zellen des ersten Grades zweite Generation, ${}^2II^1$ und ${}^2II^1$ (vgl. Fig. 19). Jede dieser beiden Schwesterzellen erzeugt dann (wie es die ungetheilte Mutterzelle sonst gewöhnlich thut), durch eine, die Achse unter einem rechten Winkel schneidende Wand, eine innere erste tertiäre Zelle, ${}_1III$ und eine äussere secundäre Zelle des zweiten Grades, II^2 .

Die secundäre Zelle des zweiten Grades (Fig. 6, 7, 8, caa ; 9, 10, $ccaa$; 18, ${}_1II^2$) kann wieder auf zweierlei Art Zellen bilden. Endweder wird die Mutterzelle durch eine senkrechte, die Achse unter einem rechten Winkel schneidende, mit der Grundfläche parallele Wand (Fig. 11, d) in zwei ungleiche Tochterzellen, nämlich in die zweite tertiäre Zelle, ${}_2III$ (Fig. 11, cd ; 21, ${}_2III$) und in die secundäre Zelle des dritten Grades, II^3 (Fig. 11, daa ; 21, ${}_1II^3$) getheilt. Oder die Mutterzelle wird durch eine horizontale, in der Achse liegende Wand (Fig. 9, 10, d) in zwei gleiche Tochterzellen, in zwei secundäre Zellen des nämlichen (zweiten) Grades zweite Generation, ${}^2II^2$ und ${}^2II^2$ gespalten (Fig. 9, 10, dac und dac ; 20, ${}^2II^2$ und ${}^2II^2$).

Die Zellenbildung schreitet auf die angegebene Weise fort, indem jede secundäre Zelle zwei Tochterzellen, entweder eine ter-

tiäre Zelle des gleichen und eine secundäre Zelle des folgenden Grades oder zwei (doppelt kleinere und gleiche) secundäre Zellen des gleichen Grades bildet. Welche dieser beiden Arten der Zellenbildung auftrete, das hängt von keinem Gesetze, sondern, wie es scheint, bloss von der Gestalt der Mutterzelle ab; indem, wenn der horizontale Durchmesser vorwiegt, gewöhnlicher eine verticale Wand, wenn der verticale Durchmesser vorwiegt, eher eine horizontale Wand entsteht. Die Zellenbildung in den secundären Zellen befolgt also das gleiche Gesetz, wie wir es bei *Echinomitrium* kennen gelernt haben. Es hat ebenfalls die Formeln

$$\begin{aligned} \text{II}^n &= \text{II}^{n+1} + {}_n\text{III}, \\ \text{oder } \text{II}^n &= 2\text{II}^n + 2\text{II}^n. \end{aligned}$$

Allen tertiären Zellen mangelt vor der Hand eine weitere Vermehrung.

In den Abbildungen Fig. 5—15 sind die Scheidewände, wie sie nacheinander sich gebildet haben, alphabetisch bezeichnet. Zuerst sind die Wände *aa* (oder a^1a^1 , a^2a^2 , a^3a^3 , a^4a^4) entstanden, und dadurch die primären Zellen *aaa*; dann die Wände *b* oder *bb* und mit ihnen die secundären Zellen *baa* oder *bbaa*. Die Zellen *baa* oder *bbaa* theilten sich dann durch die Wände *c* oder *cc*; ferner die Zellen *caa*, *ccaa* durch die Wände *d* oder *dd*; die Zellen *daa* oder *ddaa* und *dca* oder *ddca* durch die Wände *e* oder *ee*; die Zellen *eda* oder *eeda* durch die Wände *f*, u. s. w. Dabei gilt als Regel, dass nur die Zellen, welche den Rand berühren, Zellen bilden. — In den Fig. 17—22 haben die Buchstaben die gleiche Bedeutung, wie in den vorhergehenden Abbildungen. Ueberdiess sind die einzelnen Zellen mit ihrem Werthe bezeichnet.

In den secundären Zellen entstehen nicht bloss horizontale und vertikale Wände, sondern, was ich jedoch selten beobachtete, auch schiefe Wände. Diese schiefen Wände haben eine bestimmte Lage: das eine Ende derselben berührt die obere Seitenfläche, das andere Ende berührt die äussere (End-) Fläche einer secundären Zelle (Fig. 12, *d'*). Diese Zellenbildung erinnert ganz an diejenige,

welche in den tertiären Zellen der Frons von *Nitophyllum* stattfindet¹⁾. Sie thut dem ausgesprochenen Gesetze keinen Eintrag. Endweder verhalten sich die beiden auf diese Weise gebildeten Tochterzellen als secundäre Zellen in ihrer fernern Zellenbildung; oder die obere und äussere derselben verhält sich auf eine andere Art, und dann tritt neben dem angegebenen Gesetze der Zellenbildung noch ein anderes neues Gesetz auf. Diess ist noch weiter zu erforschen. Ich zweifle jedoch nicht, dass die beiden durch eine schiefe Wand entstandenen Tochterzellen secundäre Zellen seien, und dass die Zellenbildung der Formel $II^n = {}^2II^n + {}^2II^n$ angehöre. Eine ganz ähnliche Erscheinung werden wir in den zwei obersten secundären Zellen des ersten Grades kennen lernen. — Andere Scheidewände bilden sich keine in den secundären Zellen.

Diese Zellenbildung gilt für die sechs untern secundären Zellen des ersten Grades und das aus ihnen hervorgehende Zellgewebe (Fig. 5—15, *baa*, *bbaa*). In den zwei obern secundären Zellen des ersten Grades (Fig. 6—16, *bb'a*, *bb'a'*) wird sie durch die abweichende Gestalt derselben in etwas modificirt. Diese Zellen haben die Gestalt eines halben Kugelsegments; sie werden eingeschlossen von zwei geraden Seitenflächen (Fig. 6, *b'b''* und *b''a*) und einer convexen Endfläche (*b'a*). Ihre Achse ist die Linie, welche die Mitte ihrer innern, geraden Kante (*b''*) mit dem Mittelpunkt der convexen Endfläche (*n*) verbindet, und daher die Achse des Brutkeimblattes (*bb'*) unter einem spitzen Winkel schneidet. Dieser Winkel beträgt ungefähr 45°. Die Achsen der zwei obern secundären Zellen des ersten Grades sind also schief gerichtet, während die der übrigen sechs secundären Zellen horizontal liegen. Diese Thatsache, welche schon einfach aus der Gestaltung der Zelle folgt, wird auf's schönste durch die Zellenbildung bestätigt.

Die zwei obern secundären Zellen des zweiten Grades theilen sich auf dreierlei Art. Im ersten Falle bildet sich eine tangente, die Achse unter einem rechten Winkel schneidende Wand

¹⁾ Vgl. pag. 127.

(Fig. 6, c^2); und es entsteht eine innere dreieckige, von geraden Flächen eingeschlossene erste tertiäre Zelle, ${}_1\text{III}$ (Fig. 6, $b''c^2$; Fig. 20, ${}_1\text{III}$) und eine äussere viereckige, mit gebogener Endfläche versehene secundäre Zelle des zweiten Grades, II^2 (c^2ab'). Die letztere theilt sich durch eine radiale, in der Achse liegende, mit beiden Seitenflächen gleichmässig parallele Wand (Fig. 9, d' , d') in zwei gleiche secundäre Zellen des zweiten Grades zweite Generation, ${}^2\text{II}^2$ (Fig. 9, $cd'a$ und $cd'b'$; Fig. 20, ${}^2\text{II}^2$ und ${}^2\text{II}^2$). Das weitere Wachsthum erfolgt nach dem bekannten Gesetze, wie in den untern secundären Zellen.

Im zweiten Falle tritt in der secundären Zelle des ersten Grades eine verticale Wand auf (Fig. 5, 7, 11, c'), parallel mit der verticalen Seitenfläche: es entstehen zwei secundäre Zellen des ersten Grades zweite Generation, ${}^2\text{II}^2$ und ${}^2\text{II}^2$, von denen die eine in der Fläche viereckig (Fig. 5, 11, $c'a$), die andere dreieckig (Fig. 5, 11, $c'b$) erscheint, beide mit freier convexer Endfläche (Fig. 18, ${}^2\text{II}^1$ und ${}^2\text{II}^1$). Die Achse der erstern geht von dem Mittelpunkt der Grundfläche nach dem Mittelpunkt der gebogenen Endfläche. Im Sinne dieser Achse erfolgt die weitere Zellenbildung nach dem bekannten Gesetze. — Die Achse der zweiten dreieckigen Zelle geht von der Mitte der geraden untern Kante (von dem innern, spitzen Winkel) nach dem Mittelpunkt der convexen Endfläche. Die Scheidewand, die in dieser Mutterzelle sich bildet, schneidet die Achse unter einem rechten Winkel (Fig. 10, d^2): es entsteht eine dreieckige erste tertiäre Zelle, ${}_1\text{III}$, mit drei geraden Flächen und eine viereckige secundäre Zelle des zweiten Grades, II^2 , mit convexer, freier Endfläche (vgl. Fig. 21). Die Zellenbildung in ihr befolgt das bekannte Gesetz.

Im dritten Falle endlich entsteht in der secundären Zelle des ersten Grades eine horizontale Wand (Fig. 7, 15, cc^2), parallel mit der horizontalen Seitenfläche: es entstehen zwei secundäre Zellen des ersten Grades zweite Generation: ${}^2\text{II}^1 + {}^2\text{II}^1$ (Fig. 19). Davon ist die untere vierseitig (Fig. 7, $cba c^2$); ihre Achse geht von dem Centrum der Grundfläche (Fig. 7, cb) zu dem

der freien Endfläche (Fig. 7, ac^2); die Zelle verhält sich in ihrer weiteren Entwicklung wie eine secundäre Zelle nach dem bekannten Gesetze. Die obere der beiden Tochterzellen ist dreiseitig (Fig. 7, $b'cc^2$; 15, $b'cc^2$); ihre Achse geht von der Mitte der innern geraden Kante (von dem spitzen Winkel $b'cc^2$) zu dem Centrum der freien Fläche $b'c^2$. Die erste Scheidewand ist senkrecht zur Achse, und theilt diese Zelle in eine innere, dreiseitige, erste tertiäre Zelle, ${}_1\text{III}$ (Fig. 15, $cd d$), und in eine äussere vierseitige secundäre Zelle des zweiten Grades, II^2 (Fig. 15, $ddb'c^2$), welche letztere die Achse der Mutterzelle besitzt, und nach dem bekannten Gesetze sich weiter entwickelt (vgl. Fig. 22).

Die drei angegebenen Fälle, wie sich die zwei obern secundären Zellen des ersten Grades vermehren, zeigen nichts anders als die Anwendung des früher entwickelten Gesetzes auf den besondern Fall. Das Gesetz heisst: In einer secundären Zelle bildet sich entweder eine tertiäre Zelle und eine secundäre Zelle des folgenden Grades durch eine, die Achse der Mutterzelle unter einem rechten Winkel schneidende, mit der Endfläche parallele Wand, oder es bilden sich zwei secundäre Zellen des gleichen Grades zweite Generation durch eine mit der Achse und den Seitenflächen parallele Wand. Im ersten der drei aufgezählten Fälle nun entstehen eine secundäre und eine tertiäre Zelle durch eine, die Achse unter einem rechten Winkel schneidende Wand. Im zweiten und dritten Falle dagegen entstehen zwei secundäre Zellen durch eine zwar nicht mit der Achse der Mutterzelle, aber doch mit der einen Seitenfläche parallele Wand. Der Grund der Abweichung von der Regel liegt in der eigenthümlichen Gestalt der Zelle. Das Gesetz aber ist, wie gesagt, das gleiche, nämlich:

$$\text{II}^n = \text{II}^n + {}^1 + {}^n\text{III},$$

$$\text{oder } \text{II}^n = {}^2\text{II}^n + {}^2\text{II}^n.$$

In den Fig. 7—15 sind die successiven Wände, wie sie in den zwei obern secundären Zellen (ba , oder $bb'a$, oder $bb'a'$) sich bilden, alphabetisch bezeichnet. Zuerst entsteht c oder cc , dann d oder dd , hernach e oder ee , ferner f , u. s. w. — Fig. 16 stellt das

Zellgewebe dar, welches aus den beiden obern secundären Zellen $bb'a^4$ und $bb'a^4$ hervorgegangen ist. Auch hier ist die Reihenfolge der Wände durch das Alphabet ausgedrückt. Man wird sich den Process am leichtesten anschaulich machen, wenn man selbst die Zeichnung wiederholt, und dabei nach einander die Linien cc , dd , ee , ff (oder f), gg oder g , hh oder h und i zieht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass jede Zelle, welche an den Rand angrenzt und somit eine freie Fläche hat, sich theilen kann. Von den punktirten Linien, welche einer andern Zellbildung angehören, muss dabei abgesehen werden. — In den Fig. 17—22 sind für die aus den zwei obern secundären Zellen (abb') hervorgehenden Zellen die Werthe bezeichnet. Fig. 23 ist die gleiche Darstellung wie Fig. 16, mit Angabe der Zellenwerthe.

Die Zellenbildung in der Fläche ist begrenzt; die Grenze aber ist unbestimmt. Während sie am Umfange in den secundären Zellen noch fortdauert, beginnt in der Mitte in den tertiären Zellen eine neue Zellenbildung senkrecht auf die Fläche des Brutkeimblattes, und erzeugt die verschiedenen Zelllagen, aus denen das Brutkeimblatt im ausgebildeten Zustande besteht¹⁾. Dieses Wachsthum fängt mit Scheidewänden an, welche mit der Fläche des Keimblattes parallel sind. Nachher treten abwechselnd auch solche auf, die senkrecht auf jener Fläche stehen. Es sind die punktirten Linien in Fig. 15 und 16.

3) *Brutkeimblatt an Jungermannia* (Tab. III. Fig. 24—35).

Die geschlechtslose Fortpflanzung tritt bei *Jungermannia* in verschiedener Weise auf, auch so, dass einzelne Zellen eines Blattes keimfähig werden. Ich machte folgende Beobachtung. An zerfallenden *Jungermannien*blättern²⁾ wandeln sich einzelne Zellen zu Brutzellen um. Diese Umwandlung wird durch ein Grösser-

¹⁾ Wie bei *Echinomitrium*, so will ich auch hier nicht auf diese Zellbildung eingehen, dieselbe einer andern Darstellung vorbehaltend.

²⁾ Leider vernachlässigte ich über dem physiologischen Interesse, mir den Namen der Species zu merken.

werden der Zelle und durch die Auflösung des festen Inhaltes (der Chlorophyllkügelchen) deutlich (Fig. 24, B).

Die Brutzelle oder die primäre Zelle des ersten Grades erzeugt zwei gleiche Tochterzellen, welche ebenfalls als primäre Zellen zu bezeichnen sind. Jede der beiden Tochterzellen hat die Gestalt einer Halbkugel, und die Achse der Mutterzelle (Fig. 24; Fig. 25, $aa'b'$, $aa'b^2$). In dieser Richtung schreitet die Zellenbildung nicht weiter fort. Das Brutkeimblatt entwickelt nicht mehr als zwei primäre Zellen, und unterscheidet sich dadurch von dem Brutkeimblatte von *Lunularia*, wo vier primäre Zellen vorhanden sind.

In jeder der beiden halbkugeligen primären Zellen (Fig. 24) bilden sich nun zwei gleiche Tochterzellen durch eine in die Achse fallende Wand (Fig. 25, bb' und bb^2). Diess sind die secundären Zellen des ersten Grades. Die beiden Scheidewände liegen in der gleichen Ebene, ebenso die vier secundären Zellen, von denen jede die Gestalt eines Kugelquadranten hat (abb' , $a'bb'$, $a'bb^2$, abb^2).

Diese secundären Zellen des ersten Grades verhalten sich in Gestalt und Zellenbildung gleich wie die zwei obern secundären Zellen des ersten Grades an dem sich bildenden Brutkeimblatte von *Lunularia*. Sie sind von zwei geraden Seitenflächen und einer freien convexen Endfläche begrenzt. Die Achsen gehen von der Mitte der geraden centralen Kante (Fig. 25, b) zu dem Mittelpunkt der Endfläche (m).

Die vier secundären Zellen, wenn sie auch ursprünglich ziemlich gleich sind, werden doch bald ungleich, indem zwei derselben sich mehr ausdehnen, und die Scheidewände sich etwas biegen, so dass der concave Theil nach der kleinern, der convexe Theil nach der grössern Zelle gerichtet ist. Von den vier auf diese Weise veränderten secundären Zellen sind einerseits die beiden kleinern (Fig. 26, abb^2 und $a'bb^2$) und anderseits die beiden grössern Zellen (Fig. 26, abb' und $a'bb'$) Schwesterzellen, d. h. aus der gleichen Mutterzelle entsprungen.

Die Zellenbildung ist etwas verschieden in den kleinern und in

den grössern secundären Zellen. Jene (Fig. 31, II^1) theilen sich durch eine die Achse unter einem rechten Winkel schneidende Wand (Fig. 26, c und cc) in eine dreieckige erste tertiäre Zelle, ${}_1III$ (Fig. 26, bc und bcc ; 32, ${}_1III$) und in eine viereckige secundäre Zelle des zweiten Grades, II^2 (Fig. 26, acb^2 und $a'ccb^2$; 32, II^2). Die tertiäre Zelle theilt sich nicht mehr, die secundäre Zelle des zweiten Grades dagegen erzeugt zwei gleiche secundäre Zellen des zweiten Grades zweite Generation, ${}^2II^2 + {}^2II^2$ (Fig. 33—35; 27—29, acd und dcb^2 , $a'cd$ und dcb^2), durch eine in ihre Achse fallende Wand (d). Damit ist gewöhnlich der Zellenbildungsprozess, welcher durch die zwei kleinern secundären Zellen des ersten Grades eingeleitet wurde, beendet.

In den zwei grössern secundären Zellen des ersten Grades (Fig. 25—30, abb' und $a'bb'$) entsteht zuerst eine mit der Achse des sich bildenden Keimblattes $b'b^2$ (oder mit der dieser Achse zugekehrten Seitenfläche der Mutterzelle bb') parallele Wand (Fig. 26, c und cc ; 27—30, cc'). Die Tochterzellen (ac und cbb' , oder acc' und $c'cbb'$, oder $a'cc'$ und $c'cbb'$) sind, wie die Mutterzelle, secundäre Zellen des ersten Grades aber der zweiten Generation, ${}^2II^1$ und ${}^2II^1$ (Fig. 31, 32). Die eine derselben ist vierseitig (Fig. 27, 28, $c'cbb'$; 26, cbb'); ihre Achse verbindet die Grundfläche mit der freien Endfläche; sie theilt sich durch eine die Achse unter einem rechten Winkel schneidende Wand (d) in eine erste tertiäre Zelle, ${}_1III$ (Fig. 33, ${}_1III$, 27—29, bcd) und in eine secundäre Zelle des zweiten Grades, II^2 (Fig. 33, II^2 ; 27—29, $b'c'd$). Damit hört auch hier in der Regel die Zellenbildung auf.

Die andere der beiden secundären Schwesterzellen ist dreiseitig (Fig. 31, 32, ${}^2II^1$; 26—28, ac , acc' und $a'cc'$); ihre Achse verbindet die gerade Kante (c) mit der freien Endfläche. Sie theilt sich durch eine Wand (Fig. 27, d ; 28, dd), welche mit der Achse des Keimblattes ziemlich einen rechten Winkel ausmacht, und mit der einen Seitenfläche der Mutterzelle ($a'c$) parallel ist, in zwei neue secundäre Zellen des ersten Grades dritte Generation,

$^3\text{II}^1 + ^3\text{II}^1$ (Fig. 33; 27, $ca'd$ und $c'd$; 28, $ca'dd$ und $c'dd$). Von diesen ist die eine vierseitig (Fig. 27, $a'cd$; 28, $a'cdd$); sie wird zur Dauerzelle, oder sie theilt sich noch einmal durch eine auf ihre Achse senkrechte Wand (Fig. 28, e) in eine tertiäre Zelle (Fig. 28, ecd ; 34, 35, ^1III) und in eine secundäre Zelle des zweiten Grades (Fig. 28, $a'ed$; 34, 35, $^1\text{II}^2$). Die andere secundäre Zelle ist dreiseitig (Fig. 27, dc' ; 28, ddc'). Sie wird zur ersten Zelle des beblätterten Stämmchens (Fig. 28, A), oder sie theilt sich noch einmal als Zelle des Keimblattes. Wenn diess geschieht, so läuft die Scheidewand (Fig. 29, e') diessmal parallel mit der Achse des Keimblattes und mit derjenigen Seitenfläche der Mutterzelle, welche jener Achse zugekehrt ist. Es entstehen dadurch wiederum zwei secundäre Zellen des ersten Grades vierte Generation, $^4\text{II}^1 + ^4\text{II}^1$ (Fig. 34; 29, $c'de'$ und A): die eine vierseitig ($c'de'$), zur Dauerzelle werdend (Fig. 29) oder sich in eine tertiäre Zelle (Fig. 30, def ; 35, ^1III) und in eine secundäre Zelle des zweiten Grades (Fig. 30, $fc'e'$; 35, $^1\text{II}^2$) theilend, — die andere in diejenige Zelle sich umwandelnd, welche der Anfang des beblätterten Stämmchens ist (Fig. 29, 30, A).

In den Fig. 25—30 sind die successiven Wände alphabetisch bezeichnet, so dass also zuerst aa , dann bb , nachher c oder cc , ferner d oder dd , e oder ee , und zuletzt f oder ff entstanden ist. In den Fig. 34—35 sind die Werthe der Zellen angegeben, aus welchen das Keimblatt auf seinen verschiedenen Entwicklungsstufen besteht. A bezeichnet überall die Zellen, aus welchen das neue Stämmchen entspringt.

Fassen wir die Thatsachen über das Wachsthum des Brutkeimblattes von *Jungermannia* zusammen, so ergiebt sich vorerst, dass das Zellenbildungsgesetz das gleiche ist wie im Brutkeimblatt von *Lunularia*. Die primären Zellen sind dieselben, nur mit einem Unterschied in der Zahl. Auf dieselbe Weise bilden sich die secundären Zellen des ersten Grades erste Generation aus den primären Zellen. In gleicher Weise endlich findet die Zellenbildung in den secundären Zellen statt, nach dem Gesetze:

$$\begin{aligned} \text{II}^n &= \text{II}^n + {}^1 + {}^n \text{III} \\ \text{oder } \text{II}^n &= {}^2 \text{II}^n + {}^2 \text{II}^n. \end{aligned}$$

Die secundären Zellen des ersten Grades erste Generation, ${}^1 \text{III}^1$ sind aber untereinander verschieden, weil die beiden Formeln des Gesetzes sich in ihnen in verschiedener Folge realisiren. Die zwei kleinern secundären Zellen ($a b b^2$ und $a' b b^2$) theilen sich zuerst also:

$$\text{II}^1 = \text{II}^2 + {}^1 \text{III},$$

und darauf theilt sich II^2 :

$$\text{II}^2 = {}^2 \text{II}^2 + {}^2 \text{II}^2.$$

Die zwei grössern secundären Zellen ($a b b'$ und $a' b b'$) dagegen theilen sich zuerst also:

$$\text{II}^1 = {}^2 \text{II}^1 + {}^2 \text{II}^1,$$

davon die eine ${}^2 \text{II}^1$ so:

$${}^2 \text{II}^1 = \text{II}^2 + {}^1 \text{III}$$

und die andere ${}^2 \text{II}^1$:

$${}^2 \text{II}^1 = {}^3 \text{II}^1 + {}^3 \text{II}^1,$$

ferner theilt sich die eine ${}^3 \text{II}^1$:

$${}^3 \text{II}^1 = \text{II}^2 + {}^1 \text{III}.$$

Damit ist die Zellenbildung vollendet, oder es finden noch einmal folgende Zellenbildungen statt:

$${}^3 \text{II}^1 = {}^4 \text{II}^1 + {}^4 \text{II}^1, \text{ und}$$

$${}^4 \text{II}^1 = \text{II}^2 + {}^1 \text{III}.$$

Das Charakteristische an dem Zellenbildungsprozess, welcher aus den grössern secundären Zellen des ersten Grades erste Generation hervorgeht, ist, dass sowohl zuerst sich zwei secundäre Zellen (nicht eine secundäre und eine tertiäre) bilden, als dass auch später sich die gleiche Zellenbildung immer wieder in einer der beiden secundären Schwesterzellen wiederholt, und zwar in derjenigen, welche bloss zwei Seitenflächen und eine freie Endfläche, also in der Fläche eine dreieckige Gestalt besitzt. Daraus folgt, dass diejenige Zelle, aus welcher das Stämmchen hervorgeht (Fig. 28, 29, A) immer eine secundäre Zelle des ersten Grades und zwar der zweiten, dritten oder vierten Generation ist. Als begleitender Umstand verdient ebenfalls der

Erwähnung das Factum, dass in den successiven dreiseitigen secundären Zellen des ersten Grades der ersten, zweiten, dritten, vierten Generation (in $^1\text{II}^1$, $^2\text{II}^1$, $^3\text{II}^1$, $^4\text{II}^1$) die Scheidewände alterniren, nämlich das eine Mal parallel mit der Achse des Keimblattes, das andere Mal senkrecht auf dieselbe sind.

Die tertiären Zellen theilen sich in der Regel nicht. Zuweilen geschieht es ausnahmsweise (Fig. 30, o). Die Zellenbildung findet aber nie senkrecht auf die Fläche des Keimblattes statt, so dass die Wand mit der letztern parallel wäre. Sondern das Keimblatt besteht immer aus einer Zellfläche (einfachen Zellschicht), und unterscheidet sich dadurch wesentlich von dem Brutkeimblatte von *Lunularia*.

Das fertig gebildete *Brutkeimblatt* besteht in seiner ganzen Fläche aus tertiären und aus secundären Zellen. Tertiäre Zellen sind alle diejenigen, welche rings von andern Zellen umgeben sind, also alle innerhalb des Randes liegenden Zellen. Secundäre Zellen sind alle diejenigen, welche eine freie Endfläche besitzen, also alle randständigen Zellen. Die secundären Zellen sind alle secundäre Zellen des zweiten oder eines höhern Grades, mit Ausnahme zweier einziger, von denen je eine in einer Hälfte des Keimblattes liegt. Diese beiden gegenüberstehenden Zellen (Fig. 28, 29, 30, A, A) sind secundäre Zellen des ersten Grades. Aus jeder von ihnen entwickelt sich ein beblättertes Stämmchen. Keine andere Zelle des Keimblattes sonst ist dazu fähig.

Das ganze Wachsthum durch Zellenbildung lässt sich für das Brutkeimblatt von *Jungermannia* somit durch folgende Formeln ausdrücken:

$$^1\text{I}^1 = ^2\text{I}^1(a) + ^2\text{I}^1(b) \text{ (Fig. 24)}$$

$$^2\text{I}^1(a) = \text{II}^1(a) + \text{II}^1(a) \text{ (Fig. 25, } aa'b^2\text{)}$$

$$\text{II}^1(a) = {}_1\text{III} + \text{II}^2$$

$$\text{II}^2 = ^2\text{II}^2 + ^2\text{II}^2.$$

$^2\text{II}^2$ kann nach der für secundäre Zellen gesetzlichen Zellenbildung sich weiter theilen, was aber selten geschieht.

$${}^2I^1(b) = II^1(b) + II^1(b) \text{ (Fig. 25, } a a' b')$$

$$II^1(b) = {}^2II^1(c) + {}^2II^1(d)$$

$${}^2II^1(c) = II^2 + {}_1III.$$

II^2 vermehrt sich nach dem für secundäre Zellen gültigen Gesetze.

$${}^2II^1(d) = {}^3II^1(c) + {}^3II^1(d).$$

${}^3II^1(c)$ verhält sich wie ${}^2II^1(c)$.

$${}^3II^1(d) = {}^4II^1(c) + {}^4II^1(d).$$

${}^4II^1(c)$ verhält sich wie ${}^2II^1(c)$ und ${}^3II^1(c)$. Die Zellenbildung kann mit ${}^2II^1(d)$, mit ${}^3II^1(d)$ oder mit ${}^4II^1(d)$ aufhören, indem diese Zellen sich in die primäre Zelle des ersten Grades, I^1 für das entstehende Stämmchen umwandeln.

4) Brutkörner bei *Jungermannia* (Tab. III. Fig. 36—40).

Die Brutkörner oder Staubzellen, wie sie jetzt häufiger genannt werden, sitzen an den Blatträndern, Blattspitzen und an den Enden der Zweige in Häufchen vereinigt. Ich beobachtete die Brutköpfchen an den Blättern von *Jungermannia exsecta*. An jeder der beiden Blattspitzen sitzt ein kugeliges Köpfchen, welches aus einer Menge von kleinen dicht zusammengeballten, aber freien Brutkörnern zusammengesetzt ist.

Die Brutkörner bestehen ursprünglich aus einer einfachen Zelle. Diess ist die Brutzelle.

Die Brutzelle theilt sich durch eine Wand in zwei gleiche Tochterzellen, welche zusammen das Brutkorn bilden. Sie nehmen eine eigenthümliche Gestalt an. Die Achse des Keimkorns sei die Linie, welche durch das Centrum der Scheidewand und der beiden Endflächen geht (Fig. 36, *mom*). Die der Scheidewand abgekehrte Endfläche jeder Zelle wächst in drei (Fig. 38), seltener in zwei (Fig. 37) kurze Fortsätze oder Ecken aus. Die Ecken jeder Zelle liegen in einer Ebene, welche mit der Scheidewand parallel ist. Die Ecken der beiden Schwesterzellen liegen also auch gegenseitig in parallelen Ebenen, was ihre horizontale Lage betrifft. In ihrer verticalen Lage dagegen sind sie alternirend, indem je zwei Ecken eine Divergenz an der Achse von $\frac{1}{4} \pi$, je drei Ecken aber eine Divergenz von $\frac{1}{6} \pi$ beobachten.

Jede der beiden Zellen des Brutkorns hat nun folgende Gestalt.

Die in der Scheidewand liegende Grundfläche ist kreisförmig. Die derselben abgekehrte Endfläche ist dreieckig, mit vorspringenden Ecken und einwärts gebogenen Kanten, und mehr oder weniger concav. Oder die Endfläche hat zwei Ecken; dann erscheint sie bloss als eine stumpfe, in der Mitte eingedrückte Kante. An der cylindrischen oder eher kegelförmigen Seitenfläche erkennt man zwei oder drei Kanten, welche von den Ecken auslaufen und nach der Scheidewand hin allmählig sich verlieren.

In den Fig. 37 und 38 sind zwei der deutlichsten Brutkörner abgebildet. Das eine hat an jeder Endfläche zwei Ecken, Fig. 37, *a, b* und *c, d*. In *A* und *B* liegt die Achse des Brutkorns horizontal, man sieht dessnaben die Scheidewand *o*. In *A* stehen die Ecken der einen Fläche, *a* und *b*, in horizontaler, die der andern Fläche, *c* und *d*, in verticaler Linie; in *B* hat sich das Brutkorn 90° um seine Achse gedreht, daher stehen *a* und *b* in verticaler, *c* und *d* in horizontaler Linie. In *C* ist die Achse des Brutkorns in senkrechter Lage; man sieht die Scheidewand nicht; die beiden Ecken *c* und *d* sind zugekehrt; *a* und *b* dagegen abgekehrt. — Das Brutkorn, Fig. 38, hat jederseits drei Ecken, *a, b, c* und *d, e, f*. In *A* ist die Achse horizontal, in *B* vertical. In *B* erkennt man die kreisförmige Grundfläche.

Das ganze Brutkorn hat, mit Rücksicht auf die alternirenden Ecken der beiden Zellen, die Gestalt eines Tetraëders, wenn jede Endfläche in zwei Ecken auswächst (Fig. 37), eines Hexaëders, wenn jede Endfläche dreieckig ist (Fig. 38). Es giebt auch zuweilen gemischte (fünfeckige) Figuren, indem die eine Endfläche zwei, die andere drei Ecken trägt.

Modificationen der beschriebenen regelmässigen Gestalt werden durch die ungleiche Entwicklung der Ecken bedingt. Sie ist zuweilen so gross, dass die eine Ecke in ein spitzes Horn auswächst, während die andern beiden kurz und stumpf bleiben. In diesen Fällen erscheint die Gestalt auf den ersten Anblick unregelmässig. Bei näherer Betrachtung findet man aber, trotz der Abweichung von der geometrischen Regelmässigkeit, doch die gesetzmässigen Eigenthümlichkeiten heraus, welche in der graden eckenlosen

Grundfläche und in der, in zwei oder drei Ecken auswachsenden, Endfläche liegen.

Der Inhalt der Brutkörner, wenn sie entwickelt sind, ist grün und körnig. Die Ecken sind ungefärbt. — Die Brutkörner gleichen so sehr, wegen ihrer eigenthümlichen Gestalt, einer Diatomacee, so dass ich, als ich sie zuerst im Wasser fand, wirklich ein *Desmidium* vor mir zu haben glaubte. Sobald ich jedoch die Brutköpfchen und die weitere Entwicklung der Körner zu einem Stämmchen sah, so konnte davon keine Rede mehr sein; — es müsste sich denn ein Naturforscher finden, der uns auch noch die Entstehung der Lebermoose aus Diatomaceen lehren wollte.

Nees von Esenbeck, so wie die spätern Forscher geben an, dass noch nie das Keimen an den Brutkörnern beobachtet worden sei; und der erstere ist geneigt, sie desswegen »mehr für eine krankhafte Metamorphose als für einen eigenen Fortpflanzungsweg zu halten.« Ich habe jedoch mehrmals die Entwicklung der Brutkörner zu einem Stämmchen gesehen. Eine der beiden Zellen (Fig. 39, 40, *b*) wächst mit einer Ecke aus, und theilt sich durch eine Wand in zwei Zellen, so dass die eine derselben (*b*) dem ursprünglichen Lumen der Mutterzelle, die andere dem Lumen des ausgewachsenen Theiles entspricht (*ABC*). Die letztere Zelle ist die erste Zelle, oder die primäre Zelle des ersten Grades, aus welcher sich das Stämmchen entwickelt. Die Achse dieser Zelle, so wie die Achse des entstehenden Stämmchens bildet zur Achse des Brutkorns einen stumpfen Winkel.

5) *Keimfäden der Laubmoose* (Tab. IV, Fig. 1—7).

Die Entstehung der *Keimfäden* (der »Mooscotyledonen«, des »Vorkeims«) ist bekannt. Die Spore wächst aus, indem die äussere Haut berstet und die innere farblose Zellenmembran hervordringt, und theilt sich durch eine, die Achse unter einem rechten Winkel schneidende Wand in zwei Tochterzellen. Die Spore ist die primäre Zelle des ersten Grades, I^1 . Von ihren beiden Tochterzellen ist die untere die erste secundäre Zelle, $1II$, die obere die primäre Zelle des zweiten Grades, I^2 . Die letztere wächst wieder in der Richtung ihrer Achse, und theilt sich, wie es die primäre Zelle

des ersten Grades that, in die zweite secundäre Zelle, ${}_2\text{II}$, und in die primäre Zelle des dritten Grades, I^3 . Das Wachsthum setzt sich in der angefangenen Weise fort, nach der Formel

$$\text{I}^n = \text{I}^{n-1} + {}_{n-1}\text{II}.$$

Eine Achse besteht bloss aus secundären Zellen.

Die secundären Zellen theilen sich nicht. Sie haben aber das Vermögen seitlich in einen Fortsatz auszuwachsen, und eine Astzelle zu erzeugen. Diese Astzelle ist die primäre Zelle des ersten Grades einer neuen Achse. Die Zellenbildung, welche mit ihr beginnt, ist die gleiche, wie die, welche mit der Sporenzelle anfängt.

Das Resultat dieser Zellenbildungen ist ein verästelter Faden, der Keimfaden oder Vorkeim der Moose. Aus ihm entwickelt sich das Moosstämmchen. Ich habe diese Entwicklungsgeschichte noch nicht durch alle Stadien verfolgt. So viel ich aber bis jetzt gesehen, ist sie analog der Entstehung des Moosstämmchens aus den sogenannten »Wurzelhaaren«.

Bei vielen Moosen entspringen Knospen aus den »Wurzeln«. Ich habe den Vorgang an *Phascum subulatum* studirt. Hier stehen in den Blattwinkeln, besonders am untern Theil des Stämmchens, gegliederte und verästelte Fäden, welche ich Brutkeimfäden nennen will (Fig. 1). Eine Epidermiszelle des Stämmchens wächst aus (Fig. 2, *a*), und erzeugt eine freie, mit ihrer Basisfläche an dem Stämmchen festsitzende Zelle (*g*). Es ist eine Brutzelle, oder die primäre Zelle des ersten Grades (I^1) des sich entwickelnden Brutkeimfadens. Der Zellenbildungsprozess, welcher mit der Brutzelle beginnt, ist vollkommen der gleiche, wie wir ihn bei der Entstehung des Sporenkeimfadens aus der Spore kennen gelernt haben. Die Brutzelle theilt sich in die primäre Zelle des zweiten Grades und in die erste secundäre Zelle ($\text{I}^1 = \text{I}^2 + {}_1\text{II}$), und jede folgende primäre Zelle theilt sich nach der Formel

$$\text{I}^n = \text{I}^{n-1} + {}_{n-1}\text{II}.$$

Der Brutkeimfaden besteht bloss aus secundären Zellen (Fig. 3, *a—b*), welche sich nicht theilen. Sie bilden bloss Astzellen, wodurch der Brutkeimfaden sich verästelt (Fig. 3, *r*, *r'*).

Der Brutkeimfaden unterscheidet sich durch zwei Merkmale

vom *Sporenkeimfaden*. Beim letztern sind die Wände horizontal, d. h. die Achse unter einem rechten Winkel schneidend, und die Zellen sind ziemlich kurz. Beim erstern sind die Wände gewöhnlich schief (Fig. 3, *p, p*); sie schneiden die Achse unter einem spitzen Winkel, der grösser oder kleiner ist als 45° ; die Zellen sind beträchtlich länger. Die Scheidewände sind nicht nach der gleichen Seite, sondern abwechselnd nach verschiedenen Seiten geneigt. Wenn sie nicht senkrecht stehen, so erscheinen sie als Kreise oder Ellipsen (Fig. 3, *q*).

Mit dem Unterschied der Zellform geht ein zweiter Unterschied im Inhalte parallel. Die Zellen des Sporenkeimfadens sind grün; sie besitzen diese Farbe schon im frühesten Zustande in gleicher Intensität wie später. Die Zellen des Brutkeimfadens sind hellbraunroth, durchsichtig und bloss mit Flüssigkeit gefüllt (fast ohne festen Inhalt). Ursprünglich sind sie vollkommen farblos, und enthalten einen feinkörnigen Schleim (Fig. 3, *c* und *r*).

Doch sind diese Unterschiede zwischen Sporenkeimfaden und Brutkeimfaden nicht absolut. Im letztern trifft man hin und wieder eine horizontale Wand und eine kurze Zelle. Ferner können ganze Theile eines Brutkeimfadens die Natur des Sporenkeimfadens annehmen (Fig. 3). Die Endzelle einer Achse (die primäre Zelle des n^{ten} Grades) wird grünlich. Ihre beiden Tochterzellen (die n^{te} sekundäre Zelle und die primäre Zelle des $n + 1^{\text{ten}}$ Grades) sind ebenfalls grün. Alle folgenden primären Zellen (I^{n+2} , I^{n+3} ), alle sekundären Zellen von der n^{ten} an (nII , $n + 1II$, $n + 2II$ ) sind grün, ebenfalls alle Astzellen und Aeste, die aus diesen sekundären Zellen entspringen (Fig. 3, *B, B*). — Ich vermute, dass dieser Uebergang von schiefwandigen, langgestreckten, erst farblosen, dann braunrothen Zellen in geradwandige, kurze, grüne Zellen da an einer Achse eintritt, wo sie sich dem Lichte zuwendet.

An den verästelten Brutkeimfäden von *Phascum* werden die Endzellen einzelner Aeste oder auch der Hauptachse grösser, und stellen die Zellen dar, aus welcher die Moosstämmchen sich entwickeln (Fig. 3, *A*; 4, *A*). Die primäre Zelle des n^{ten} Grades

des Keimfadens metamorphosirt sich in die primäre Zelle des ersten Grades der entstehenden Stammachse. Die Metamorphose besteht darin, dass die sich ausdehnende Zelle sich nach einem andern Zellenbildungsgesetze theilt, als es die primären Zellen des Keimfadens thun. Ich will diesen Punkt später näher erörtern.

Wie die Brutkeimfäden von *Phascum*, so verhalten sich auch die Sporenkeimfäden, oder der Vorkeim, welcher sich aus der Spore entwickelt. Die Structur, das Wachsthum und die Fähigkeit aus einzelnen bestimmten Zellen Stammachsen zu erzeugen, ist in beiden die gleiche. Die Verschiedenheiten, welche zwischen beiden vorhanden sind, erweisen sich bloss als relative, wie wir eben gesehen haben.

Die Identität der Brutkeimfäden und der Sporenkeimfäden ist schon von *H. Koch* in Jever ausgesprochen worden¹⁾. Derselbe gab beiden Gebilden den Namen der *Luftwurzeln*, und setzte ihnen die *Erdwurzeln* gegenüber. Er unterscheidet beide nach der Form der Zellen, indem die erstern kurze grüne Zellen mit geraden Wänden, die letztern dagegen längere, braune Zellen mit schiefen Wänden besitzen. Dieser Unterschied ist aber auch ihm bloss ein relativer. — Es ist daher mit der Unterscheidung von Luftwurzeln und Erdwurzeln nichts gewonnen, da weder ihre Structur noch ihr physiologisches Verhalten (aus beiden entwickeln sich Stammachsen) differentiale Merkmale darbieten.

Zweierlei Organe aber sind vorhanden. Man kann nicht daran zweifeln, wenn man an einem *Phascum*-Stämmchen neben einander starke, mit Endanschwellungen versehene und dünnere, spitzauslaufende Zellfäden sieht. Die erstern sind, wie ich eben gezeigt habe, ein, den aus der Spore entspringenden Keimfäden

¹⁾ Linnäa 1842 pag. 69. — Diese Abhandlung ist nicht ohne einzelne Irrthümer, wie z. B. dass die Mooswurzeln unter einander verwachsen, dass die Scheidewände der sogenannten »Erdwurzeln« durchbrochen seien, dass der bräunliche Saft der hintern Zellen sich in die Endanschwellungen ergiesse u. s. w.

analoges Gebilde; ich habe sie, um diese Analogie und zugleich den in dem Ursprunge begründeten Unterschied zu bezeichnen, Brutkeimfäden genannt. Die zweiten Zellfäden halte ich für Wurzeln (Fig. 3, s). Ein anderes unterscheidendes Merkmal für beide kenne ich bis jetzt nicht, als das, dass aus den Brutkeimfäden Stammachsen sich entwickeln, aus den Wurzeln nicht. Ob und welche Unterschiede zwischen beiden Organen sonst noch vorhanden sind, in der Entstehung, im Wachsthum, in der Function der Zellen, weiss ich nicht. Vorläufig scheint mir das angeführte Merkmal zur Unterscheidung zu berechtigen, — um so mehr, da auf gleiche Weise auch bei den höhern Pflanzen Wurzeln und wurzelähnliche Stämme unterschieden werden. Wie lange verwechselte man nicht den unterirdischen Stamm mit der Wurzel, weil beide einen gleichen äussern Habitus und eine ähnliche innere Structur zeigten, und weil man im Begriffe des Stammorganes das Vermögen, Knospen zu erzeugen, im Begriffe des Wurzelorganes den Mangel dieses Vermögens noch nicht erkannt hatte. — Koch verwechselte diese wahren Wurzeln mit den wurzelähnlichen Brutkeimfäden, und begriff beide unter dem Namen der Erdwurzeln.

Die Brutkeimfäden sind eine bei den Moosen ziemlich allgemeine Erscheinung, wofür ich besonders die von Koch¹⁾, von Bruch und Schimper²⁾ berichteten Thatsachen und eigene Untersuchungen anführen kann. Sie entspringen erstens aus dem Stämmchen, und hier vielleicht bloss aus den Blattwinkeln. An Stämmchen, welche noch beblättert waren, sah ich die Brutkeimfäden bloss in den Achseln der Blätter. Wenn die Blätter fort sind, so ist die Ursprungsstelle nicht auszumitteln. — Die Brutkeimfäden entstehen zweitens aus Zellen der Blätter und zwar ebensowohl aus solchen, welche am Rande stehen, als aus solchen, welche in der Blattfläche gelegen sind. Wenn die Stellung der Brutkeimfäden in den Blattachseln an die Stellung der Knospen bei den höhern Pflanzen erinnert, so darf bei ihrem Ursprung aus dem Blatte

¹⁾ Linnäa 1842 pag. 69.

²⁾ Bryologia europæa.

ebenfalls des Ursprunges der Knospen aus den Blatträndern und Blattflächen höherer Pflanzen nicht vergessen werden.

Die Brutkeimfäden wurden früher wegen mangelhafter Kenntniss für besondere Pflanzen gehalten, und als *Conserva frigida*, *castanea*, *Orthotrichi*, *Protonema repens*, *muscicola*, *Catoptridium smaragdinum* u. s. w. aufgezählt. Diese Arten sind eingegangen, seitdem man ihre Entstehung kennen lernte. — Neuerdings ist aber der alte Irrthum wieder in einer neuen Form lebendig geworden. *Kützing*¹⁾ führt die Brutkeimfäden von neuem als besondere Pflanzen auf, lässt sie aber durch Auswachsen aus Mooszellen entstehen, und aus ihnen wieder junge Moospflanzen hervorgehen. Der Irrthum wird dogmatisirt. Als Beleg für seine Ansicht führt *Kützing* an, dass die protonematischen Pflanzen, wie er sie nennt, als solche eine eigene Fortpflanzung besitzen. Ich habe diese Fortpflanzung nie gesehen, und mich auch durch die *Kützing'schen* Abbildungen davon nicht überzeugen können.

Als man den Ursprung der Brutkeimfäden erkannte, so hielt man sie wegen ihrer Aehnlichkeit für Wurzeln, und lehrte theils das Entstehen von Stammknospen aus Wurzeln, wie es von *Bischoff*²⁾, *H. Koch*³⁾ und *Bruch und Schimper*⁴⁾ geschehen ist, theils auch schrieb man ihnen eine wahre Wurzelnatur bei, indem man die Erzeugung von Stammknospen läugnete. So werden z. B. von *Bruch und Schimper*⁵⁾ die blasigen Anschwellungen an den Brutkeimfäden von *Cinclidotus* Haftbläschen genannt. Allerdings gelangen dieselben häufig nicht zur Entwicklung, weil die nöthigen Bedingungen dafür mangeln; und man sieht die Stammknospen in allen möglichen Entwicklungsstufen an den Brutkeimfäden von einer einzigen ungetheilten Zelle an bis zu einem vielzelligen Zellgewebskörper. Ursache von dem Fehlschlagen scheint vorzüglich

¹⁾ Phycologia generalis pag. 283. Tab. 13.

²⁾ Lehrbuch II. pag. 389.

³⁾ Linnäa 1842 pag. 69.

⁴⁾ Bryologia europæa. Fasc. XX. pag. 2. Tab. V. 5.

⁵⁾ L. c. Fasc. XVI. pag. 3. Tab. I. 21.

eintretende Trockenheit zu sein. Dessen ungeachtet ist aber die Entwicklungsfähigkeit dargethan (vgl. Fig. 3, C), und dadurch auch die Wurzelnatur der Keimfäden widerlegt.

6) *Wachstumsgeschichte der Stammachsen von Laub- und Lebermoosen.*

Das Wachstum des Moosstämmchens kann am leichtesten in der Entwicklung der anschwellenden Endzellen der Keimfäden zu Knospen studirt werden. Meine Beobachtungen sind vorzüglich an *Phascum subulatum* gemacht (Tab. IV. Fig. 3—7).

Die Endzellen oder die primären Zellen des n^{ten} Grades der Brutkeimfäden (Fig. 3, A; 4, A) dehnen sich, wie schon oben gezeigt wurde, aus, und metamorphosiren sich in die primären Zellen des ersten Grades (I^1) der entstehenden Stammachse. In einer solchen primären Zelle des ersten Grades (Fig. 4, A) entstehen zwei Tochterzellen, durch eine auf die Achse schiefe Wand von einander getrennt, von denen die untere (Fig. 5, a) die erste secundäre, ${}_1II$, die obere (Fig. 5, b) die primäre Zelle des zweiten Grades, I^2 , ist. Die letztere theilt sich wieder durch eine schiefe Wand in die zweite secundäre Zelle, ${}_2II$ (Fig. 6, b), und in die primäre Zelle des dritten Grades, I^3 (Fig. 6, c). In jeder primären oder Endzelle schreitet auf diese Weise die Zellenbildung fort nach der Formel

$$I^n = I^{n+1} + {}_nII.$$

Die Zellenbildungsformel ist also die gleiche, wie diejenige für die primären Zellen der Laubachsen von *Echinomitrium*, indem je in der Endzelle der Achse durch eine schiefe Wand zwei Tochterzellen entstehen, von denen die obere sich wieder wie die Mutterzelle verhält. Die Wand schneidet die Stammachse und die Achse der Endzelle (welche letztere nur das Ende der Stammachse ist) unter einem spitzen Winkel. Der Unterschied zwischen dem Wachstum der Laubachse von *Echinomitrium* und der Stammachse von *Phascum* liegt in Folgendem. In der erstern alterniren die Scheidewände der successiven primären Zellen, wie wir oben gesehen haben, mit einer horizontalen Abweichung von 180° , so dass also die Scheidewand in je der zweitfolgenden primären Zelle nach der

gleichen Seite hin geneigt ist. In der Stammachse von *Phascum* dagegen ist die horizontale Abweichung der Scheidewände in zwei successiven primären Zellen kleiner als 180° , so dass also nicht die Scheidewände je der zweiten, sondern vielleicht je der dritten, vierten, fünften primären Zellen nach der nämlichen Seite sich neigen. Wir finden hier also denselben Unterschied in der Zellenbildung hinsichtlich der Stellung der Scheidewände, welcher in der Blattstellung zuweilen mit dem Namen von *alternirenden* und *zerstreuten* Blättern bezeichnet wird. Dieser Unterschied hat zur Folge, dass die Laubachse flächenförmig, die Stammachse dagegen cylindrisch wird. Ein mathematisches Verhältniss für die Divergenz der Scheidewände in den primären Zellen oder, was dasselbe ist, für die Divergenz der secundären Zellen an den Stammachsen, habe ich bis jetzt nicht aufgefunden.

Die Zellenbildung in den primären Zellen der Stammknospe von *Phascum* hat einige Analogie mit dem Wachsthum der Brutkeimfäden. In beiden gilt die Formel: $I^n = I^{n-1} + I^{n-2}$, und in beiden sind die Wände in den primären Zellen unter einem spitzen Winkel auf die Achse geneigt. Der Unterschied liegt darin, dass in der Stammknospe die Scheidewand in der primären Zelle des n^{ten} Grades (Fig. 7, *aa*) mit ihrem untern Rande an die Scheidewand, welche sich in der primären Zelle des $n-1^{\text{ten}}$ Grades gebildet hatte (*bb*), sich ansetzt, — dass dagegen im Brutkeimfaden die Wand der primären Zelle ringsum bloss die freie *convexe* Oberfläche der primären Zelle berührt. Die Folge davon ist, dass in der Stammknospe die x^{te} secundäre Zelle nach unten sich wenigstens an die $x-1^{\text{te}}$ und an die $x-2^{\text{te}}$, nach oben wenigstens an die $x+1^{\text{te}}$ und die $x+2^{\text{te}}$ secundäre Zelle anlehnt, während im Keimfaden die x^{te} secundäre Zelle nach unten bloss mit der $x-1^{\text{ten}}$, nach oben bloss mit der $x+1^{\text{ten}}$ secundären Zelle in unmittelbarer Verbindung steht. Mit diesem Unterschiede trifft dann auch das Vermögen der secundären Zellen der Stammknospe, sich zu einem Gewebe zu entwickeln, und die Nothwendigkeit für die secundären Zellen des Keimblattes, eine Zelllinie (Zellfaden) zu bleiben, zusammen.

Die secundären Zellen bilden neue Zellen. Sie theilen sich

durch Scheidewände, welche zu ihrer Achse senkrecht stehen, oder welche mit ihrer Achse zusammenfallen, auf eine ähnliche Weise, wie wir es an den Laubachsen von *Echinomitrium* kennen gelernt haben. Ich weiss aber bis jetzt von dem gesetzmässigen Verlaufe dieser Zellenbildung nichts. Ihr Resultat ist eine mehr oder weniger dicke Achse, aus Zellgewebe bestehend.

Wie sich die Stammknospe an den Keimfäden von *Phascum* bildet, so entsteht sie auf analoge Art an den Brutkörnern und an den Brutkeimblättern von *Jungermannia* (Tab. III. Fig. 39, 40). Die eine Zelle eines Brutkornes von *Jungermannia exsecta* wächst aus, und erzeugt zwei Tochterzellen, von denen die untere dem ursprünglichen Lumen der Brutkornzelle (Fig. 39, *b*), die obere ihrem auswachsenden Theile entspricht (*ABC*). Die letztere hat eine Achse, welche mit der Achse des Brutkornes einen stumpfen Winkel bildet. Sie ist die primäre Zelle des ersten Grades (I^1) der sich bildenden Stammachse, und unterscheidet sich von den Brutkornzellen sowohl durch die verschiedene Achsenrichtung, als durch die Zellenbildung. In dieser primären Zelle des ersten Grades entsteht eine schiefe Wand (Fig. 39, *dd*), welche die Endfläche der Brutkornzelle berührt. Die weitere Zellenbildung in den primären Zellen als Spitzenwachsthum und in den secundären zur Zellgewebsbildung (Fig. 39, 40) ist die gleiche, wie in den Stammknospen von *Phascum*.

Mit dem Wachsthum der Stammknospe von *Phascum subulatum* und von *Jungermannia exsecta* fand ich auch das Wachsthum der entwickelten Stämmchen von Laub- und Lebermoosen übereinstimmend, wo die Natur des Objectes eine sichere Beobachtung erlaubte. Am deutlichsten erkannte ich die Zellenbildung im Punctum vegetationis der Stämmchen von *Jungermannia trichophylla* (Tab. IV, Fig. 8) und der Aestchen von *Sphagnum* (Tab. IV, Fig. 9). An der Spitze steht eine einzige Zelle: I^n (Fig. 8, 9, *d*), welche, wie man an der Stellung der Wände sieht, nebst einer secundären Zelle: $n - 1II$ (*e*), aus einer ähnlichen Spitzenzelle: $I^n - 1$ (*abc*), durch eine auf die Achse schiefe Wand, entstanden ist. Die Zellenbildung in der Spitzenzelle geschieht auch hier nach der Formel

$$I^n = I^n + I + nII.$$

Die Scheidewände in den primären Zellen und somit die secundären Zellen alterniren um einen Winkel, der kleiner ist als 180° . Die Zellenbildung in den secundären Zellen ist mir durch Beobachtung noch nicht bekannt.

Für das Wachsthum der Stammachsen an Laub- und Lebermoosen gilt also das Gesetz, dass sie mit einer einfachen Zelle, I^1 , beginnen, und fortwährend durch eine einfache Zelle an der Spitze, I^n , sich verlängern. Damit ist die frühere Annahme, dass der Vorkeim ein »Geflecht« bilde, und dass aus diesem Geflecht das Stämmchen durch Verwachsen mehrerer Zellfäden entstehe, widerlegt; ebenso die aus dieser Annahme hervorgegangene Theorie *Schleiden's* ¹⁾, dass die Stammknospe bloss nach oben morphologisch abgeschlossen sei, und dass desswegen den Moosen die Wurzeln fehlen müssen. Die Laub- und Lebermoose verhalten sich in dieser Beziehung wie die Farren; beide entstehen aus einem Vorkeim, als Tochterachsen dieses Vorkeims; bei beiden ist eine unmittelbare (senkrechte) Verlängerung der Stamm- oder Laubachse nach unten in eine Wurzel unmöglich, und ist auch nicht vorhanden; bei beiden sind die Wurzeln bloss seitlich.

7) *Wachstumsgeschichte der Blätter der Laubmoose* (Tab. II. Fig. 15 — 22).

Ueber diesen Gegenstand hat *Morren* ²⁾ Untersuchungen angestellt. Da mir das Original nicht zu Gebot steht, so benutze ich den Bericht darüber von *Link* ³⁾. Der letztere sagt: »Der Verfasser nahm einen jungen Trieb von *Hypnum lucens*, und untersuchte ein Blatt, so jung er es erhalten konnte, nämlich nur von $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ Millimeter. Es erschien wie eine einfache fast cylindrische Zelle, ein wenig dicker in der Mitte, aber durchsichtig und ohne Zellen im Innern; man sah dort nur gallertartiges Chlorophyll ohne

¹⁾ Grundzüge II, 52.

²⁾ Bullet. d. l'Acad. r. d. sc. Bruxell. 1841. Tom. I. pag. 68.

³⁾ Jahresbericht über die Arbeiten für physiologische Botanik im Jahre 1841, pag. (153) 65.

Kugeln, welches die Achse einnahm, indem die Wände ganz klar waren. Hierauf beobachtete er ein Blatt, welches seiner Grösse und Entwicklung nach etwas, doch wenig älter war. Das gallertartige Chlorophyll war noch nicht körnig, sondern nur krümlig (*grumeux*) geworden. Die Häufchen (*grumeaux*) zeichneten sich schon aus, standen regelmässig, waren nicht umschrieben (*nuageux*), aber gegen die Mitte dichter. Sie bildeten Reihen, und zwischen ihnen waren helle Stellen, auch um das ganze Blatt zeigte sich inwendig ein heller, durchsichtiger Streifen. Bald sah man, dass die Häufchen Zellen waren, mit Chlorophyll gefüllt, die hellen Zwischenräume Zellenwände, und dass der Rand aus Zellen bestand, die wenig Chlorophyll enthielten.«

*Schleiden*¹⁾ sagt über das Wachsthum der Moosblätter, dass, wie bei den Phanerogamen, so auch hier die Spitze des Blattes zuerst gebildet, und so das Blatt gleichsam aus dem Stengel hervorgeschoben werde.

Die Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Blätter an Laubmoosen gehören zu den schwierigsten, weil dieselben in der Terminalknospe versteckt liegen und desswegen herauspräparirt werden müssen, weil sie so zart sind, dass sie ohne Verletzung fast nicht freigelegt werden können, weil die Zellenwände so dünn sind, dass sie neben dem Inhalte kaum erkannt werden, und weil der Inhalt durch Endosmose sehr schnell sich verändert. Aus Untersuchungen an vielen Arten, welche mir da und dort einen brauchbaren Zustand lieferten, und mit Berücksichtigung der stehengebliebenen Entwicklungsstadien, gelang es mir, folgende continuirliche Wachsthumsgeschichte abzuleiten.

Das Blatt besteht zuerst aus einer einzigen Zelle, welche seitlich der Stammspitze aufsitzt. Diesen Zustand habe ich an *Sphagnum*, *Hypnum lycopodioides*, *Phascum cuspidatum*, *Leskea complanata* bestimmt erkannt. Die Zelle ist 0,004—0,006''' lang und 0,004''' breit. Diese Zelle erzeugt zwei Tochterzellen, welche durch eine schiefe Wand von einander geschieden sind. Die Wand berührt die untere

¹⁾ Grundzüge II. pag. 55.

feststehende und die eine Seitenfläche. Die obere der beiden Zellen theilt sich wieder auf gleiche Weise durch eine alternirende schiefe Wand in zwei Tochterzellen. Diese Zellenbildung wiederholt sich, ohne eine Aenderung, in je der obern von den zwei in der Spitzenzelle entstandenen Schwesterzellen. Das Spitzenwachsthum ist vollkommen das gleiche, wie in der Frons von *Echinomitrium*, und muss wie dort formulirt werden.

Die erste Zelle, welche aus der Stammspitze seitlich hervorst wächst und bloss mit ihrer Grundfläche an der Stammoberfläche befestigt ist, ist die primäre Zelle des ersten Grades: I^1 . Ihre Achse geht von dem Mittelpunkt der Grundfläche zu ihrem Scheitel, und ist die Achse des sich bildenden Blattes. An ihrer conischen Oberfläche kann die vordere (dem Stamme zugekehrte) und die hintere (dem Stamme abgekehrte) Fläche und die beiden Seitenränder, analog den gleichen Theilen des sich bildenden Blattes, unterschieden werden. Diese primäre Zelle des ersten Grades theilt sich in die erste secundäre Zelle, ${}_1II$, und in die primäre Zelle des zweiten Grades, I^2 . Die Scheidewand berührt die Grundfläche und den einen Seitenrand, schneidet also die Achse unter einem spitzen Winkel. — Die primäre Zelle des zweiten Grades, I^2 , erzeugt die zweite secundäre Zelle, ${}_2II$, und die primäre Zelle des dritten Grades, I^3 . Die schiefe Wand alternirt mit der Wand in der primären Zelle des ersten Grades; der horizontale Divergenzwinkel beträgt 180° . Die schiefe Scheidewand in der primären Zelle des dritten Grades ist wieder nach der gleichen Seite geneigt, wie diejenige in der primären Zelle des ersten Grades. — Die Achsen der Scheidewände liegen alle in einer zum Stamme tangentialen Ebene; diese Ebene ist die Blattfläche. Sie sind abwechselnd nach rechts und nach links geneigt. — Die Zellenbildung in der Spitzenzelle des Blattes erfolgt also nach der Formel

$$I^n = I^{n+1} + {}_nII,$$

mit der besondern Bestimmung, dass die Scheidewände die Achse unter einem spitzen Winkel schneiden, mit dem untern Rande die Scheidewand der vorhergehenden

primären Zelle berühren, und mit einer horizontalen Divergenz von 180° alterniren.

Fig. 15 (Tab. II) zeigt ein junges Blatt von *Phascum cuspidatum*, das erst aus 22 Zellen besteht. Der Inhalt ist ein grünlicher, fast homogener Schleim. In jeder Zelle liegt ein helles Bläschen (Kernbläschen); in einer Zelle, welche eben zwei Tochterzellen bilden will, liegen zwei Kernbläschen. Um die Zellenbildung dieses Blattes deutlicher zu machen, ist dasselbe noch zweimal in Fig. 16 und Fig. 17 dargestellt, und in Fig. 16 die successiven Wände, in Fig. 17 die Zellen nach ihrem Werthe bezeichnet. ABC entspricht der Zelle I^1 . Dieselbe theilte sich durch aa' in $Aaa' = {}_1II$ und in $Baa'C = I^2$. I^2 theilte sich durch bb' in $Babb' = {}_2II$ und in $a'bb'C = I^3$. I^3 theilte sich durch cc' in $a'bcc' = {}_3II$ und in $b'cc'C = I^4$. I^4 theilte sich durch dd' in $b'cdd' = {}_4II$ und in $c'dd'C = I^5$. I^5 theilte sich durch ee' in $c'dee' = {}_5II$ und in $d'ee'C = I^6$. I^6 theilte sich durch ff' in $d'eff' = {}_6II$ und in $e'ff'C = I^7$. I^7 theilte sich durch gg' in $e'fgg' = {}_7II$ und in $f'gg'C = I^8$. Und I^8 wird, wenn es zur Zellenbildung gelangt, sich nicht anders theilen können als durch die Wand h in ${}_8II$ und in I^9 . — Die Fig. 18—22 stellen Blattspitzen von jungen Blättern dar, Fig. 18—20 von *Phascum cuspidatum*, und Fig. 21 und 22 von *Leskea complanata*. Hier sind nacheinander in der jeweiligen Endzelle oder I^n die Wände aa , bb , cc , dd , ee oder e , ff oder f , gg , hh , ii oder i , und k entstanden; und dabei bildete sich immer ${}_nII$ und I^{n+1} , z. B. $abcc$ und $bccC$, $bccd$ und $cddC$, $cdee$ und $deeC$, $deff$ und $effC$, $efgg$ und $fggC$, $fghh$ und $ghhC$, $ghii$ und $hiiC$, hik und ikC .

Die Zellenbildung in den secundären Zellen erfolgt auf ähnliche Weise wie in *Echinomitrium*. Sie theilen sich in zwei neben einander stehende gleichwerthige, oder in zwei hinter einander liegende ungleiche Tochterzellen. Im ersten Falle fällt die Wand mit der Achse der Mutterzelle zusammen, im zweiten Falle schneidet sie dieselbe unter einem fast rechten Winkel. Im ersten Falle entstehen zwei secundäre Zellen des gleichen Grades, im zweiten Falle eine tertiäre Zelle und eine secundäre Zelle eines höhern Grades. Die Formel der Zellenbildung ist also folgende:

$$\begin{aligned} \text{II}^n &= {}^2\text{II}^n + {}^2\text{II}^n, \\ \text{oder } \text{II}^n &= \text{II}^n + {}^1 + {}^n\text{III}. \end{aligned}$$

Die secundären Zellen haben alle das gemeinsam, dass sie in der Blattebene eine gerade Grundfläche, zwei gerade Seitenflächen und eine Endfläche besitzen; die letztere allein ist frei. Die tertiären Zellen dagegen sind in der Blattfläche rings von Zellen umschlossen.

In den Fig. 15, 16, 17 sind die Zellen Aaa' , $Babb'$, $a'bcc'$, $b'cdd'$, $c'dee'$, $d'eff'$ und $e'fgg'$ die secundären Zellen des ersten Grades, II^1 . Jede derselben theilt sich durch die Wand mm in ${}_1\text{III}$ ($abmm$, $abcm$, $bcdm$, $cdem$, $defm$) und in II^2 ($Amma'$, $Bmmb'$, $a'mmc'$, $b'mmd'$, $c'mme'$). II^2 theilt sich durch nn in ${}^2\text{II}^2 + {}^2\text{II}^2$ ($Amnn$ und $a'mnn$; $Bmnn$ und $b'mnn$; $a'mnn$ und $c'mnn$; $b'mnn$ und $d'mnn$). ${}^2\text{II}^2$ theilt sich durch o in ${}_2\text{III}$ (mno) und II^3 (Aon , $a'on$, Bon , $b'on$).

In den Fig. 18, 19, 20 bezeichnen $abcc$, $bcd'd$, $cdee$, $deff$, $efgg$, $fghh$, $ghii$ und hik die secundären Zellen des ersten Grades, II^1 . Sie theilen sich durch die Wand m in bcm , cdm , dem , efm , fmg , ghm , him = ${}_1\text{III}$ und in amc , bmd , cme , dmf , emg , fmi , gmi = II^2 . — II^2 theilt sich durch n in mn = ${}_2\text{III}$ und in anc , bnd , cne , dnf , eng (Fig. 19) = II^3 . Oder II^2 theilt sich durch mt in bmt und dmt (Fig. 20), dmt und fmi (Fig. 20) = ${}^2\text{II}^2 + {}^2\text{II}^2$. II^3 theilt sich durch o in no = ${}_3\text{III}$ und aoc , coe (Fig. 19) = II^4 . Oder II^3 theilt sich durch nt in bnt und dnt (Fig. 19), dnt und fnt (Fig. 19), ant und cnt (Fig. 20), cnt und ent (Fig. 20) = ${}^2\text{II}^3 + {}^2\text{II}^3$. ${}^2\text{II}^2$ und ${}^2\text{II}^3$ verhalten sich wie II^2 und II^3 , indem sie sich die erstere in ${}_2\text{III}$ und II^3 , die letztere in ${}_3\text{III}$ und II^4 theilt. — In $abcc$ (Fig. 19) sind also z. B. nacheinander die Wände m , n , o , p entstanden, in $bcd'd$ (Fig. 19) die Wände m , n , dann nt , zuletzt p und q , in $bcd'd$ (Fig. 20) die Wände m , dann mt , zuletzt p und q .

Von dem Gesetze der Zellenbildung in den secundären Zellen finden keine Ausnahmen statt. Immer realisirt sich eine der beiden Formeln. Bloss das Verhältniss, wie die beiden Formeln mit einander abwechseln, ist in verschiedenen Theilen des

Blattes, in verschiedenen Blättern, an verschiedenen Individuen, Arten und Gattungen ein anderes. Doch sind die Abweichungen, welche dieses Verhältniss zeigt, soviel ich bis jetzt beobachten konnte, bloss relativ und ohne absolute Gültigkeit. Ob nach der einen oder andern Formel die Zellenbildung in einer secundären Zelle geschehe, das hängt nicht von einer mathematischen Progression, sondern, wie es scheint, von der Gestalt der Mutterzelle ab. Ueberwiegt der Achsendurchmesser, so realisirt sich die Formel $II^n = II^{n+1} + nIII$. Ist dagegen der zur Achse senkrechte, mit der Blattfläche parallele Durchmesser vorherrschend, so tritt die Formel $II^n = {}^2II^n + {}^2II^n$ ins Leben.

Als Beweis dafür will ich bloss die Zellenbildung in den secundären Zellen von *Phascum cuspidatum* anführen. Hier geschieht es zuweilen, dass in allen successiven secundären Zellen immer eine tertiäre Zelle und eine secundäre Zelle entstehen, nach der Formel $II^n = II^{n+1} + nIII$. Dann geht aus der secundären Zelle des ersten Grades (II^1) eine einfache Reihe von tertiären Zellen hervor (Fig. 19, *abcc* und *cdee*). Oder es bilden sich in irgend einer spätern secundären Zelle einmal zwei secundäre Zellen nach der Formel $II^n = {}^2II^n + {}^2II^n$. Dann bilden die aus der secundären Zelle des ersten Grades hervorgehenden tertiären Zellen unten eine einfache, nach oben eine doppelte Zellenreihe (Fig. 20, *abcc*, *bcdd*, *cdee*). Oder schon die secundäre Zelle des ersten Grades erzeugt zwei gleiche secundäre Zellen; dann liegen die tertiären Zellen von Anfang an in zwei Reihen. Oder die Theilung in zwei gleiche secundäre Zellen wiederholt sich mehrmals, dann nehmen die Reihen der tertiären Zellen nach aussen fortwährend an Zahl zu. — Es geschieht selbst, wenn eine secundäre Zelle sich nach der Formel $II^n = {}^2II^n + {}^2II^n$ getheilt hat, dass dann die eine der Tochterzellen sogleich noch einmal nach der gleichen Formel Zellen bildet. Z. B. II^2 (Fig. 21, *bdei*) theilt sich in ${}^2II^2$ (*del*) + ${}^2II^2$ (*bli*) durch die Wand *l*; dann erzeugt die eine ${}^2II^2$ (*bli*) vermittelst der Wand *mm* die Zellen ${}^3II^2$ (*lmm*) und ${}^3II^2$ (*bimm*).

Obgleich nun für das Verhältniss, in welchem die beiden Zellen-

bildungsformeln mit einander abwechseln, kein absolutes Gesetz aufgestellt werden kann, so mangelt doch nicht eine vorherrschende Regel. Diese besteht darin, dass weitaus in den meisten Fällen die Zellenbildung so beginnt:

$$\begin{aligned} \text{zuerst } II^1 &= II^2 + {}_1III, \\ \text{dann } II^2 &= {}^2II^2 + {}^2II^2, \\ \text{darauf } {}^2II^2 &= II^3 + {}_2III. \end{aligned}$$

Die Zellenbildung in den primären Zellen repräsentiert das Spitzenwachstum. Sie dauert fort, bis das Blatt seine von der Zahl der Elementarorgane bedingte Länge erreicht hat, und ist unter allen Umständen begrenzt. Die Zellenbildung in den secundären Zellen bewirkt das seitliche Wachstum. Sie dauert fort, bis das Blatt seine von der Zahl der Elementarorgane bedingte Breite erreicht hat, und ist ebenfalls begrenzt.

Ein ausgewachsenes Blatt, wenn bloss die beiden beschriebenen Zellenbildungen auftreten, besteht sonach aus einer Zellfläche, an welcher die End- (oder Spitzen-) Zelle eine primäre Zelle, die an den beiden Rändern befindlichen Zellen secundäre Zellen und alle übrigen Zellen tertiäre Zellen sind.

Damit ist nun aber in den wenigsten Blättern die Zellenbildung fertig. Oft tritt in den tertiären Zellen noch eine auf die Blattfläche senkrechte Zellenbildung auf; sie trifft mehrere in der Achse liegende senkrechte Zellenreihen, und erzeugt einen Mittelnerven; oder sie trifft alle tertiären Zellen, und giebt der Blattfläche verschiedene Zellschichten.

Ausserdem tritt zuweilen noch eine vereinzelte, mit der Blattfläche parallele Zellenbildung in den tertiären Zellen auf. Dieselbe ist zufällig, und scheint vorzüglich da stattzufinden, wo ein Durchmesser bedeutend länger ist als der andere. Die entstehende Wand schneidet diesen Durchmesser unter einem fast rechten Winkel, und ist somit bald parallel mit der Achse der tertiären Zelle, bald senkrecht zu derselben. Auf diese Weise haben sich in den tertiären Zellen *cdei* (Fig. 21), *bcdg* (Fig. 22) durch die Wand *o* je zwei Zellen gebildet; und in *bcdg* (Fig. 21) sind die

Zellen *bgho* und *cdho*, in der letztern die Zellen *cor* und *hdr* entstanden.

Die hier mitgetheilten Thatsachen und das aus ihnen abgeleitete Gesetz stimmen nicht mit den Angaben von *Morren* und von *Schleiden* über die Entstehung und das Wachsthum der Moosblätter überein. *Morren* giebt an, dass das $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ Millimeter grosse Blatt noch aus einer einfachen Zelle bestehe, dass darin viele Häufchen sich bilden und zu Zellen umgestalten. Er findet in diesem Vorgange viel Analogie mit *Mirbel's* Angaben über das Cambium. Was zuerst die Angaben über die Grösse der untersuchten Blätter betrifft, so muss vom Verfasser (oder vom Referenten) ein Irrthum begangen worden sein. Denn Moosblätter, welche $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{3}$ Millimeter ($\frac{1}{9}$ — $\frac{1}{7}$ '''') gross sind, bestehen aus einer Zellfläche, deren Zellen Chlorophyllkügelchen enthalten, und in welcher die Zellenbildung zu Ende ist. Während ich diess schreibe, untersuche ich noch, um die Angaben *Morren's* besser zu controlliren ein *Hypnum*, weil derselbe ebenfalls seine Beobachtungen an dieser Gattung anstellte. Hier finde ich, an *H. lycopodioides*, dass die jungen Blätter, welche bloss $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{30}$ ''' ($\frac{1}{9}$ — $\frac{1}{13}$ Millimeter) lang sind, schon alle Zellen gebildet haben, und sogar schon die Gestalt besitzen wie die ausgebildeten Blätter. Ein Blatt von *Phascum subulatum*, das erst 0,018''' (= $\frac{1}{55}$ ''') lang und 0,015''' (= $\frac{1}{66}$ ''') Breite ist, besteht schon aus 21 Zellen (Fig. 15). Ein Blatt von *Hypnum lycopodioides* von 0,012''' (= $\frac{1}{83}$ ''') Länge und ebenso viel Breite, ist schon aus 17 Zellen gebildet. Blätter der gleichen Pflanze, welche 0,006—0,008''' (= $\frac{1}{160}$ — $\frac{1}{125}$ ''') gross sind, zeigen schon 4—8 Zellen.

Morren hat die durch zarte Wände getheilte Zellfläche des Blattes für eine einzige Zelle gehalten, und die Veränderungen an dieser Zellfläche für Veränderungen im Inhalte dieser Zelle beschrieben. Das Innere der Zelle soll mit gallertartigem (homogenem) Chlorophyll erfüllt, der äussere Theil farblos sein. Die innern Zellen sind die früher, die am Rande befindlichen sind die später entstandenen, weil das Wachsthum durch Zellenbildung, wie wir oben gesehen, an der Spitze und am Rande centrifugal

fortschreitet; desswegen haben die innern Zellen schon einen grünen Inhalt, während die äussern noch mit farblosem Schleim angefüllt sind. — Dann soll sich das Chlorophyll in Häufchen ansammeln, welche durch hellere Stellen von einander geschieden seien und in Reihen liegen. Je ein solches Häufchen ist nun aber der Inhalt einer Zelle, und die hellern Stellen sind die deutlicher werdenden, aber schon lange gebildeten Wände. Die Täuschung, welche die Ansicht *Morren's* hervorgerufen hat, ist die gleiche, welche *Mirbel* zu seiner Theorie über das Cambium führte. Beide betrachteten ein junges zartes Zellgewebe als eine gestaltlose, aber bildungsfähige Flüssigkeit. Diese Verwechselung ist bei jungen Moosblättern leicht, theils wegen der zarten Wände, theils weil der Inhalt durch Druck beim Präpariren und durch Einfluss von endosmotischem Wasser sich sehr verändert. So geschieht es oft, dass ein aus vielen Zellen bestehendes Blatt als eine einzige Zelle erscheint. Und die Zusammensetzung aus Zellen wird bloss erkannt, wenn das junge Blatt, ehe der Zelleninhalt sich verändert, und ferner, wenn es in vollkommen horizontaler Lage gesehen werden kann. Wenn durch eindringendes Wasser der homogene schleimige Zelleninhalt gerinnt, oder wenn die Blattfläche etwas schief liegt, so sind die dünnen Zellwände nicht mehr sichtbar.

Schleiden's Ansicht über das Wachsthum der Moosblätter ist durch die mitgetheilten Thatsachen widerlegt. An dem Blatte entsteht die Spitze nicht zuerst, sondern zuletzt. Das Wachsthum des Blattes, was die Zellenbildung betrifft, stimmt somit mit dem Wachsthum des Stammes überein. Das Wachsthum eines Organs besteht aber in Zellenbildung und in Zellenausdehnung. Diese beiden Momente hat *Schleiden* beim Moosblatte nicht unterschieden, und daher auch einen unrichtigen Begriff für dessen Wachsthum aufgestellt.

Ich habe bis jetzt bloss von dem Wachsthum durch Zellenbildung gesprochen, und dieses Wachsthum in zwei Factoren zerlegt: in die Zellenbildung in den primären Zellen und in die Zellenbildung in den secundären Zellen. Dieses Wachsthum hat

natürlich eine gesetzmässige Anordnung der Zellen der Blattfläche zur Folge. Die Zellen liegen in schiefen, theils einfachen, theils nach dem Rande sich einmal oder wiederholt verdoppelnden Reihen, welche ursprünglich von der Blattachse aus nach aussen und oben zum Rande gehen. Da aber die in den secundären Zellen entstehenden Scheidewände mit ihrer Grundfläche parallel laufen, so gehen die schiefen Reihen nicht bloss bis zur Achse, sondern durch diese hindurch, bis zum entgegengesetzten Rande, so dass alle Zellen einer Blattfläche in schiefen Reihen liegen, welche in zwei verschiedenen Richtungen verlaufen und sich kreuzen. Diese Anordnung ist am ganz jungen Blatte immer zu sehen. Später wird sie durch die ungleiche Ausdehnung der Zellen meist undeutlich und scheinbar unregelmässig.

Wenn die Zellenbildung in der Blattfläche beendet ist, so haben die Zellen fast die gleiche Grösse, in der sie entstanden sind, und sie besitzen in allen Theilen des Blattes, sowohl an der Spitze als an der Basis desselben gleiche Gestalt, gleiche Grösse und gleichen Inhalt. Die Gestalt ist rautenförmig, der Inhalt homogen-schleimig mit grünlicher Färbung. Nun tritt das zweite Moment des Wachstums, die Ausdehnung der Zellen, auf. Diese besteht darin, dass die Zellen grösser, die Membranen dicker und stärker werden; Extracellulärsubstanz wird ausgeschieden und lässt die Wände als aus doppelten Membranen bestehend erkennen. Der Inhalt wird deutlich körnig; es bilden sich Chlorophyllkügelchen; diese legen sich an die Zellwandungen an, und der schleimige Inhalt geht in eine wasserhelle Flüssigkeit über. Damit ist das Wachsthum der Zelle beendet, und sie beharrt in diesem Zustand, bis das Organ zu Grunde geht.

Das zweite Moment des Wachstums des Moosblattes, die Zellenausdehnung, zeigt eine umgekehrte Richtung wie das erste Moment, die Zellenbildung. Dieses ist in Rücksicht auf die Stammachse centrifugal. Jenes beginnt an der Spitze des Blattes und schreitet nach der Basis hin fort; es ist bezüglich zur Stammachse centripetal. Zuerst dehnen sich die obersten Zellen aus und bilden ihren Inhalt um. Diese Metamorphose rückt von

Zelle zu Zelle nach dem Grunde des Blattes hin vorwärts. Die untern Zellen sind noch klein mit zarten Membranen und schleimigem, wenig gefärbtem Inhalte, während die obern viel Mal grösser sind, eine wasserhelle Flüssigkeit führen und an der Wandung Chlorophyllkügelchen enthalten.

Dahin ist also die Angabe *Schleiden's* über das Wachsthum des Moosblattes zu berichtigen. Die Basis wird zuerst, die Spitze zuletzt durch Zellenbildung angelegt; die Spitze bildet sich zuerst, die Basis zuletzt durch Zellenwachsthum aus. *Schleiden* nahm mit Unrecht an, dass in dem untern Theile des jungen Blattes, dessen Zellen noch klein, zartwandig, homogen-schleimig und wenig gefärbt sind, die Zellenbildung entweder noch vorhanden sein, oder doch zuletzt noch vorhanden gewesen sein müsse. — Die untern Zellen führen, bis die Reihe an sie kömmt, sich zu entwickeln, ein latentes oder eher ein, fremden nicht eigenen Zwecken dienendes Leben, indem sie die Nahrungsflüssigkeit bloss weiter leiten, nicht für sich selbst verwenden.

8) Allgemeine Uebersicht.

Nachdem ich die einzelnen Thatsachen und die Gesetze, nach denen sich bei Laub- und Lebermoosen die verschiedenen Organe entwickeln, dargelegt habe, will ich sie noch zusammenfassen und allgemeine Resultate aus ihnen zu ziehen suchen.

Alle Organe oder vielmehr alle Achsen ¹⁾ sind bei ihrem Ursprung eine einfache Zelle, eine primäre Zelle des ersten Grades: I^a. Diese Zelle ist entweder frei oder sie ist mit dem einen Ende, mit ihrer Grundfläche, angewachsen. Zu den freien primären Zellen gehören die Sporenzellen und solche Zellen, welche in irgend einem Organ aus dem Verbande mit andern Zellen heraustreten und zu Brutzellen werden. Die angehefteten primären Zellen des ersten Grades sind Brutzellen,

¹⁾ Es ist unrichtig und dem Worte widersprechend, wenn man Achsengebilde den Blättern gegenüber stellt. Auch die Blätter haben eine Achse, und sind häufig sogar aus vielen Achsen zusammengesetzt, also ganze Achsensysteme wie die Stämme.

wenn aus ihnen eine neue Pflanze entsteht, die noch eine Zeit lang an der Mutterpflanze befestigt bleibt, oder Astzellen, wenn ein Organ sich aus ihnen bildet, sei es eine Laubachse, eine Stammachse oder eine Blattachse.

Alle Achsen¹⁾ wachsen mit einer einzigen Zelle an der Spitze, mit einer primären Zelle. Bei den Blattachsen der Laubmoose, bei den Stamm- und Laubachsen aller Moose findet diese Zellenbildung so statt, dass je in der Spitzenzelle, oder in der primären Zelle des n^{ten} Grades sich eine primäre Zelle des $n + 1^{\text{ten}}$ Grades und eine n^{te} secundäre Zelle des ersten Grades bildet: $I^n = I^{n+1} + nII^1$. Die Scheidewand schneidet die Achse unter einem spitzen Winkel, und alternirt bei den Blattachsen und bei den Laubachsen mit einer Divergenz von 180° , bei den Stammachsen dagegen mit einer kleinern Divergenz ($= 180^\circ - x$).

Diese Zellenbildung ist bei den *Vorkeimachsen* wesentlich verschieden. Die Keimfäden der Laubmoose wachsen zwar auch nach der Formel $I^n = I^{n+1} + nII^1$. Die Wände sind aber bald schief, bald horizontal. Doch darin liegt nicht der Hauptunterschied, sondern darin, dass die Scheidewand in den primären Zellen der Mooskeimfäden bloss an die freie conisch-cylindrische Seitenfläche der Mutterzelle sich anlehnt, und dass als Folge dessen die secundären Zellen eine cylindrische Gestalt haben und bloss mit den Endflächen einander berühren. In den primären Zellen der Blatt-, Stamm- und Laubachsen dagegen berührt die schiefe Wand bloss mit ihrem obern Rand und mit den Seitenrändern die freie conisch-cylindrische Seitenfläche, mit ihrem untern Rande dagegen die eine von den beiden Grundflächen der Mutterzelle. Desswegen haben die secundären Zellen keine cylindrische Gestalt, sondern bloss die Form eines Segmentes eines kurzen, schief abgeschnittenen Cylinders. In den secundären Zellen der Mooskeimfäden ist die freie Oberfläche ein geschlossener Cylinder, und die Achse ist

¹⁾ Ueber das Wachsthum der Blätter der Lebermoose fehlen mir noch hinreichende Untersuchungen, und ich kann daher nicht entscheiden, ob das Gesetz auch für sie gilt.

die Achse dieses Cylinders und zugleich die Achse der primären Zelle und des ganzen Organs; sie berührt die Mittelpunkte der beiden Endflächen, und ist mit der freien convexen Oberfläche parallel. In den secundären Zellen der Blatt-, Stamm- und Laubachsen ist die freie convexe Oberfläche bloss ein halber Cylinder, wenn die Divergenz der secundären Zellen 180° beträgt (Blattachsen, Laubachsen); sie ist kleiner als ein halber Cylinder, wenn die Divergenz der secundären Zellen $180^\circ - x$ beträgt (Stammachsen); die Achse der secundären Zellen schneidet die Achse der primären Zellen und somit die Achse des Organs unter einem spitzen Winkel; sie berührt den Mittelpunkt der freien convexen Oberfläche.

In den Mooskeimfäden sind die Scheidewände an der gleichen Achse bald schief, bald gerade; auch giebt es Uebergänge in der Stellung selbst, indem an verschiedenen Scheidewänden der Winkel, unter dem sie die Achse schneiden, alle Mittelstufen zwischen circa 45° und 90° zeigt. In den Mooskeimfäden, die aus einer Zelllinie bestehen, ist dieser Unterschied ohne Bedeutung, weil die secundäre Zelle keine Zellen mehr bildet, und in allen Fällen die gleiche cylindrische Gestalt und die gleiche Achse besitzt. Für Organe dagegen, die aus Zellgewebe bestehen, ist die Stellung der Wand in den primären Zellen von wesentlicher Bedeutung. Man sieht diess sogleich ein, wenn man das Wachsthum eines Laubmoosblattes oder einer Laubachse von Lebermoosen mit dem oben¹⁾ beschriebenen Wachsthum von *Hypoglossum* vergleicht, wo die verschiedene Stellung der Scheidewand in der primären Zelle eine ganz verschiedene Gestalt der secundären Zellen, und dadurch dann auch ein ganz verschiedenes Zellenbildungsgesetz zur Folge hat.

Die Blattachsen und Vorkeimachsen der Laubmoose, die Laubachsen der Lebermoose und die Stammachsen aller Moose haben das mit einander gemeinsam, dass in der Spitzenzelle oder in der primären Zelle des n^{ten} Grades eine primäre Zelle des $n + 1^{\text{ten}}$ Grades und eine n^{te} secundäre Zelle des ersten Grades entstehen: $I^n = I^{n+1} + nII^1$. Von diesem Gesetze weichen die Vorkeim-

¹⁾ Pag. 121.

achsen der Lebermoose ab. Hier theilt sich eine primäre Zelle in zwei neue primäre Zellen der folgenden Generation: ${}^1I^1 = {}^2I^1 + {}^2I^1$ oder allgemein $mI^1 = m + {}^1I^1 + m + {}^1I^1$. In den einen Fällen nun (Keimkörner von *Jungermannia*) bleibt die Zellenbildung bei den primären Zellen stehen; in den andern Fällen schreitet sie weiter fort. Dann erzeugt eine primäre Zelle der m^{ten} Generation zwei secundäre Zellen des ersten Grades: $mI^1 = II^1 + II^1$.

Wenn wir nun auf die primären Zellen und auf die secundären Zellen des ersten Grades allein Rücksicht nehmen, so finden wir in Rücksicht auf die Entstehung folgende Verschiedenheiten:

1) Die primäre Zelle entsteht mit einer secundären Zelle des ersten Grades als Schwesterzelle in einer primären Zelle: $I^n = I^{n+1} + {}_nII$. So in den Blattachsen und Vorkeimachsen der Moose, in den Laubachsen der Lebermoose und den Stammachsen aller Moose.

2) Die primäre Zelle entsteht mit einer gleichen primären Zelle als Schwesterzelle in einer primären Zelle: ${}^1I^1 = {}^2I^1 + {}^2I^1$ und ${}^2I^1 = {}^3I^1 + {}^3I^1$. So in den Vorkeimachsen der Lebermoose.

3) Die secundäre Zelle des ersten Grades entsteht mit einer primären Zelle als Schwesterzelle in einer primären Zelle: $I^n = I^{n+1} + {}_nII$. Diess ist die gleiche, unter 1) aufgeführte Zellenbildung.

4) Die secundäre Zelle des ersten Grades entsteht mit einer gleichen secundären Zelle des ersten Grades als Schwesterzelle in einer primären Zelle: $I^1 = II^1 + II^1$ (Keimblätter der Lebermoose).

In Rücksicht auf die Stellung zeigen die primären Zellen und die secundären des ersten Grades folgendes Verhalten:

1) Die primären Zellen liegen alle in einer Linie, welche die Achsenlinie des Organs ist, sie mögen nun successive entstehen (wie im Blatt, im Stamm, im Laub und in den Keimfäden der Laubmoose), oder sie mögen sich gleichzeitig bilden (wie in dem Vorkeim der Lebermoose).

2) Die secundären Zellen des ersten Grades liegen in einer Linie, welche die Achsenlinie des Organes ist (Keimfäden der Laubmoose).

3) Die secundären Zellen des ersten Grades liegen (flächenförmig) in zwei senkrechten Reihen neben der Achsenlinie des Organs, je zwei gegenüberstehend (Keimblätter der Lebermoose).

4) Die secundären Zellen des ersten Grades liegen (flächenförmig) in zwei senkrechten Reihen neben der Achsenlinie des Organs, alternirend mit einer Divergenz von 180° (Blätter der Laubmoose, Frons der Lebermoose).

5) Die secundären Zellen des ersten Grades liegen (körperförmig) in mehreren senkrechten Reihen um die Achsenlinie des Organes, alternirend mit einer Divergenz von $180^\circ - x$ (Stammachsen der Laub- und Lebermoose).

Die secundären Zellen des ersten Grades (mit Ausnahme der Keimfäden der Laubmoose) leiten einen Zellenbildungsprozess ein. Derselbe, soweit er bis jetzt erkannt ist (er ist es noch nicht für die Stammachsen der Laub- und Lebermoose und für die Blätter der Lebermoose), besteht darin, dass in einer secundären Zelle des n^{ten} Grades m^{te} Generation entweder eine secundäre Zelle des $n + 1^{\text{ten}}$ Grades und eine n^{te} tertiäre Zelle, oder aber zwei secundäre Zellen des n^{ten} Grades $m + 1^{\text{te}}$ Generation sich bilden: also $\text{II}^n = \text{II}^{n+1} + \text{III}^n$, oder $m\text{II}^n = m + \text{II}^{n+1} + m + \text{II}^{n+1}$. Das Verhältniss, wie diese beiden Formeln auf einander folgen, ist zufällig. Bloss im Keimblatte von *Jungermannia* ist bis jetzt eine bestimmte Gesetzmässigkeit erkannt worden, insofern als in zwei bestimmten secundären Zellen des ersten Grades die Zellenbildung mit der Formel $\text{II}^1 = \text{II}^2 + \text{II}^1$ beginnt, und dann in der Weise fortfährt, dass je in der einen Tochterzelle wieder die gleiche Formel $m\text{II}^1 = m + \text{II}^2 + m + \text{II}^1$, in der andern Tochterzelle dagegen die andere Formel $m\text{II}^1 = \text{II}^2 + \text{III}^1$ sich realisirt.

Ich habe bis jetzt das Wachsthum durch Zellenbildung betrachtet mit Rücksicht auf seine verschiedenen räumlichen Verhältnisse. Auch mit Rücksicht auf die Dauer zeigen sich wesentliche Verschiedenheiten.

1) Die Bildung der primären Zellen ist der Zahl nach bestimmt. Im Brutkorn und im Brutkeimblatt von *Jungermannia* entstehen

bloss zwei (nämlich $2I^1$), im Brutkeimblatt von *Lunularia* entstehen bloss vier primäre Zellen (nämlich $3I^1$).

2) Die Bildung der primären Zellen ist der Zahl nach unbestimmt. So in allen übrigen Organen der Laub- und Lebermoose. Doch ist diese unbestimmte Zahl der primären Zellen bloss ein allgemeiner Begriff. Innerhalb desselben sind speciellere Begriffsverschiedenheiten vorhanden, und es muss die Bildung der primären Zellen in vier Kategorien getheilt werden, welche in Rücksicht auf die Dauer des Wachstums verschieden sind, nämlich 1. für die Blätter, 2. für die Laubachsen der Lebermoose, 3. für die Stammachsen der acrocarpischen Laubmoose, 4. für die Stammachsen der Lebermoose und der pleurocarpischen Laubmoose. Es würde hier zu weit führen, diese Begriffe zu begründen; und ich bemerke bloss, dass man mit begrenztem und unbegrenztem Wachstum durchaus nicht ausreicht, da es sich bloss um gegenseitige Verhältnisse handelt, und da die gleiche Achse hier, mit Rücksicht auf eine zweite, unbegrenzt, d. h. fortdauernd, und dort, mit Rücksicht auf eine dritte, begrenzt sein kann.

3) Die Bildung der secundären Zellen ist Null; die Achse besteht also bloss aus primären Zellen (Brutkörner von *Jungermannia*).

4) Die Bildung der secundären Zellen des $1 + x^{\text{ten}}$ Grades und der tertiären Zellen ist Null; die Achse besteht also bloss aus secundären Zellen des ersten Grades und einer primären Endzelle (Keimfäden der Laubmoose).

5) Die Bildung von secundären Zellen des $1 + x^{\text{ten}}$ Grades und von tertiären Zellen ist der Zahl nach unbestimmt.

a. Sie beginnt erst, nachdem die Bildung der primären Zellen zu Ende ist (Brutkeimblätter der Lebermoose).

b. Sie beginnt unmittelbar, nachdem die Bildung der primären Zellen und der secundären Zellen des ersten Grades angefangen hat, und hört auch ziemlich gleichzeitig mit ihr auf (Blätter der Laubmoose).

c. Sie beginnt unmittelbar, nachdem die Bildung der primären Zellen und der secundären Zellen des ersten Grades angefangen

hat, hört aber successive auf, während diese noch fort dauert (Laubachsen der Lebermoose und Stammachsen aller Moose).

Ich habe bisher das Wachsthum der Organe betrachtet, insofern es von der Zellenbildung abhängig ist. Es zeigt auch Verschiedenheiten mit Rücksicht auf die Zellenausdehnung. Mit der Ausdehnung der Membran ist die Assimilationsthätigkeit im Inhalt verbunden. Es bilden sich die Chlorophyllkügelchen; der homogene Schleim wird körnig und macht zuletzt einer wasserhellen Flüssigkeit Platz, welche den ganzen innern Raum der Zelle einnimmt, während die Chlorophyllkügelchen an der Wand liegen. Die Zellenausdehnung ist mit Rücksicht auf die Zelle dieselbe, mit Rücksicht auf das Organ ist sie verschieden in der Zeitfolge.

1) Die Zellenausdehnung ist in allen Theilen der Achse ziemlich gleichzeitig (Keimblätter der Lebermoose).

2) Die Zellenausdehnung beginnt an der Basis der Achse und schreitet successive hinter der Spitze nach oben fort, in gleichem Maasse, wie die Achse durch Zellenbildung an der Spitze wächst (Laubachsen der Lebermoose, Stammachsen der Laub- und Lebermoose, Keimfäden der Moose).

3) Die Zellenausdehnung beginnt, nachdem die Zellenbildung in der ganzen Achse aufgehört hat, an der Spitze, und schreitet nach der Basis hin fort (Blätter der Laubmoose).

Es bliebe mir, nachdem ich das Wachsthum der vegetativen Achsen abgehandelt habe, noch übrig, die Begriffe derselben festzustellen. Wie unterscheiden sich Wurzel, Vorkeim, Laub, Stamm und Blatt? In den mitgetheilten Gesetzen über das Wachsthum sind zwar einige Materialien für die Unterscheidung der Organe enthalten. Die wichtigsten aber mangeln noch, da ich einige wesentliche Momente im Wachsthum, wie die Bildung der Schichten in den blatt- und laubartigen Organen, ferner des sogenannten Gefässbündels in den Stammorganen und vorzüglich auch den Ursprung der primären Zelle des ersten Grades für die Blätter und die Aeste der Stämme nicht berücksichtigt habe. Ich behalte das für eine folgende Darstellung, und betrachte hier bloss noch näher

den Vorkeim, weil darüber die Ansichten der Botaniker noch am unklarsten sind.

Der Vorkeim, wie alle Organe der Moose, entsteht aus einer einfachen Zelle, Sporen- oder Brutzelle. An dem entwickelten Vorkeim bildet sich das erste Laub oder der erste Stamm, und zwar aus einer einfachen Zelle. Der Vorkeim ist also eine Achse, welche eine neue durch das Wachsthum verschiedene (Stamm- oder Laub-) Achse erzeugt. Die Sporen- oder Brutzelle ist die primäre Zelle des ersten Grades für den Vorkeim. Sie trägt den ersten Namen, wenn ihr Verhältniss zum Mutterindividuum berücksichtigt wird; sie trägt den zweiten Namen, wenn es sich um ihre Bedeutung für die, aus ihr hervorgehende, erste Achse des Tochterindividuums handelt. Diese Verhältnisse müssen genau berücksichtigt werden, um die richtigen Begriffe und die richtige Terminologie zu finden.

Die erste Achse des Vorkeims der Laubmoose entsteht aus der Sporen- oder Brutzelle. Die übrigen Achsen des Vorkeims entstehen aus Astzellen der Mutterachse. An irgend einer Vorkeimachse wird die primäre Zelle des n^{ten} Grades zur primären Zelle des ersten Grades für die erste Stammachse. Bei den Laubmoosen ist daher die erste Stammachse die unmittelbare Fortsetzung einer Vorkeimachse. Sie unterscheidet sich von derselben, wie oben gezeigt wurde¹⁾, durch das Wachsthum. Die sogenannten „Wurzeln“, aus denen sich Stämmchen entwickeln sollen, dürfen nicht mehr diesen Namen tragen; sie haben die Natur und die Eigenschaften des Vorkeims, und können als Brutvorkeim oder als Brutkeimfäden dem Sporenvorkeim oder den Sporenkeimfäden gegenübergestellt werden²⁾.

Bei den Lebermoosen besteht der Vorkeim bloss aus einer Achse, und unterscheidet sich einmal dadurch von dem Vorkeim der Laubmoose. Er entsteht aus einer Sporenzelle oder einer Brutzelle. Die Laub- oder Stammachse, welche aus ihm entspringt,

¹⁾ Pag. 173.

²⁾ Pag. 167.

unterscheidet sich von ihm durch die verschiedene Richtung und das verschiedene Wachsthum. Hier finden wir einen zweiten Unterschied zwischen Laub- und Lebermoosen: dort ist die erste Stammachse die Fortsetzung einer Vorkeimachse; hier erscheint die erste Stamm- oder Laubachse als eine seitliche Tochterachse an der Vorkeimachse. Als gemeinsames Merkmal für den Vorkeim bleibt also nur, dass derselbe morphologisch (durch die Gesetze der Zellenbildung) von Stamm und Laub verschieden ist.

Bei den Lebermoosen giebt es spezifische Verschiedenheiten unter den Vorkeimen. Der Brutvorkeim von *Lunularia* bildet sich aus vier Gliedern und besteht aus mehreren Zellschichten; die erste Frons entspringt aus einer secundären Zelle des n^{ten} (nie des ersten) Grades. Der Brutvorkeim von *Jungermannia* bildet sich aus zwei Gliedern und besteht aus einer Zellfläche (einfachen Zellschicht); die erste Stammachse entspringt aus einer secundären Zelle des ersten Grades der m^{ten} (nie ersten) Generation. Das Brutkorn (ebenfalls ein Vorkeim) von *Jungermannia* besteht bloss aus zwei (primären) Zellen; die eine derselben bildet eine Astzelle, aus welcher die erste Stammachse hervorgeht.

Man hat bisher die Vorkeime der Moose und Lebermoose theils unter diesem Namen, theils aber auch unter den Namen von »Knospen oder Brutknospen, Brutkörnern oder Keimkörnern und Staubzellen« aufgeführt. Alle diese Organe gehören unter den allgemeinen Begriff des Vorkeims. Die Pflanze beginnt mit einer einfachen Zelle, Sporenzelle oder Brutzelle. Diese Zelle entwickelt sich zu einem Organ, dem Vorkeim. Aus diesem Vorkeim, und zwar aus einer bestimmten Zelle desselben, entspringt eine durch ihr Wachsthum verschiedene Laub- oder Stammachse. Der Vorkeim ist also eigentlich die erste Achse der Pflanze; und er verdient diesen besondern Namen bloss desswegen, weil er sich nach andern Gesetzen der Zellenbildung entwickelt, als die spätern Achsen der Pflanze.

Die Brutknospen, Brutkörner und Staubzellen sind daher in allen Beziehungen analog dem aus der Spore hervorgehenden Vorkeim, und wenn man sie unterscheiden will, so muss es unter dem

Namen von Brutvorkeim im Gegensatz zu Sporenvorkeim geschehen. Sie sind kein Organ der Mutterpflanze, und können als solches auch keinen Namen tragen. Bloss die primäre Zelle des ersten Grades steht in einer morphologischen Beziehung zur Mutterpflanze; sie heisst in dieser Beziehung Astzelle oder Brutzelle. Alle weitere Entwicklung ist bloss für die entstehende neue Pflanze von Bedeutung, und kann somit auch bloss mit dieser Berücksichtigung begriffsgemäss unterschieden und benannt werden. Selbst das Brutkorn von *Jungermannia*, das aus zwei Zellen besteht, ist ein Vorkeim. Die Mutterzelle war die Brutzelle; die zwei Tochterzellen aber bilden eine Achse, welche dem ersten Entwicklungsstadium des Brutkeimblattes von *Jungermannia* analog ist; und diese Achse erzeugt als Tochterachse die erste Stammachse.

Unter den Vorkeimen können nun aber mehrere Arten unterschieden werden nach ihren verschiedenen Entwicklungsgesetzen, wie Keimfäden, Keimblätter, Keimkörner. Dabei ist aber nie zu vergessen, dass alle unter den allgemeinen Begriff des Vorkeims gehören¹⁾. —

Ich resümiere noch einmal die Resultate der mitgetheilten Beobachtungen über das Wachsthum der vegetativen Achsen der Laub- und Lebermoose, um eine leichtere Uebersicht zu gewähren.

A. Wachsthum im Allgemeinen.

1) Die vegetativen Organachsen der Moose beginnen mit einer Zelle, deren Achse mit der Organachse zusammenfällt: primäre Zelle des ersten Grades: I¹.

¹⁾ Ich habe bei dieser Betrachtung des Vorkeims bloss diejenigen Arten berücksichtigt, deren Verhalten ich genau studirt habe. Weitere Forschungen werden gerade bei diesem Organ noch manche interessante spezifische Verschiedenheiten zu Tage fördern, indess der allgemeine Begriff, wie er ausgesprochen wurde, wohl bleiben dürfte.

2) Das Längenwachsthum durch Zellenbildung geschieht durch primäre Zellen, welche gleichzeitig oder successive in der Organachse liegen.

3) Das Wachsthum in die Breite durch Zellenbildung geht von der Achse aus und findet bloss an der Peripherie (bei Zellflächen) oder an der Oberfläche (bei Zellkörpern) durch viele Zellen statt, deren Achsen sich zur Organachse als Radien verhalten. Dieses Wachsthum beginnt mit den secundären Zellen des ersten Grades, und setzt sich fort durch die secundären Zellen des n^{ten} Grades.

4) Die secundäre Zelle des n^{ten} Grades theilt sich in die secundäre Zelle des $n + 1^{\text{ten}}$ Grades und in die n^{te} tertiäre Zelle: $II^n = II^{n+1} + nIII$. Für n kann man die Werthe $1 \dots p$ setzen; p ist eine unbestimmte, aber begrenzte Zahl. Die Wand schneidet die Achse der Mutterzelle unter einem fast rechten Winkel. — Oder die secundäre Zelle des n^{ten} Grades m^{te} Generation theilt sich in zwei secundäre Zellen des n^{ten} Grades $m + 1^{\text{te}}$ Generation: $mII^n = m + 1II^n + m + 1II^n$. Für n kann man die Werthe $1 \dots p$, für m nur 1 oder 2, selten bis 3 und 4, setzen. Die Wand ist parallel mit einer oder mit beiden Seitenflächen.

5) Das Wachsthum durch Zellenausdehnung ist gleichzeitig oder ungleichzeitig; im letztern Fall beginnt es entweder an der Basis und schreitet nach der Spitze hin fort, oder es beginnt an der Spitze und schreitet nach der Basis hin fort.

I. Längenwachsthum mit gleichzeitigen primären Zellen (Vorkeim der Lebermoose).

6) Die primäre Zelle des ersten Grades m^{te} Generation theilt sich in zwei primäre Zellen des ersten Grades $m + 1^{\text{te}}$ Generation: $mI^1 = m + 1I^1 + m + 1I^1$. Für m kann man die Werthe 1 oder 2 setzen. Die Wand schneidet die Achse unter einem rechten Winkel.

7) Die primären Zellen des ersten Grades letzte Generation theilen sich jede in zwei secundäre Zellen des ersten Grades: $I^1 = II^1 + II^1$. Die Wände fallen in die gleiche Ebene und liegen in der Organachse. Die secundären Zellen stehen in zwei parallelen

Reihen neben der Organachse und sind je zwei opponirt. Sie bilden die Organfläche. Die Endzellen jener beiden Reihen haben Achsen, welche von der Organachse unter einem Winkel von circa 45° divergirend abgehen; die Achsen der mittlern Zellen (wenn solche vorhanden sind) schneiden die Organachse unter einem Winkel von 90° .

8) Das Wachsthum durch Zellenausdehnung beginnt, wenn dasjenige durch Zellenbildung in der ganzen Organachse beendigt ist, und ist gleichzeitig.

II. Längenwachsthum mit successiven primären Zellen.

9) Die primäre Zelle des n^{ten} Grades theilt sich in die primäre Zelle des $n + 1^{\text{ten}}$ Grades und in die n^{te} secundäre Zelle: $I_n + I_{n+1} + nII$. Für n gelten die Werthe $1 \dots q$, q ist eine unbestimmte Zahl. Die Wand schneidet die Organachse unter einem Winkel, der 90° oder $90^{\circ} \pm x$ beträgt, und berührt entweder bloss die Seitenfläche, oder die Seitenfläche und die Basisfläche.

a. *Die Wand in der primären Zelle berührt bloss die Seitenfläche* (Vorkeim der Laubmoose).

10) $I_n = I_{n+1} + nII$ (vgl. A, 9). Die Wand berührt bloss die Seitenfläche, ist schief oder horizontal. Die secundären Zellen haben die gleiche Achse wie die primäre Zelle, und bilden eine Zelllinie.

b. *Die Wand in der primären Zelle berührt die Seitenfläche und die Grundfläche* (Laub-, Stamm- und Blattachsen).

11) $I_n = I_{n+1} + nII$ (vgl. A, 9). Der untere Rand der schiefen Wand berührt die Grundfläche der primären Zelle. Die Achsen der secundären Zellen schneiden die Organachse unter einem Winkel, der grösser oder kleiner ist als 90° , und stehen in zwei oder mehreren Reihen um die Organachse.

12) Das Wachsthum durch Zellenausdehnung beginnt, wenn dasjenige durch Zellenbildung in dem respectiven Theil der Organachse vollendet ist, und ist ungleichzeitig (vgl. A, 5).

B. Wachsthum im Besondern.

I. Vorkeim der Lebermoose.

a. Keimkorn von *Jungermannia*.

1) $I^1 = {}^2I^1 + {}^2I^1$ (vgl. A, 6). Das Keimkorn besteht aus zwei primären Zellen.

2) Die eine dieser beiden primären Zellen bildet eine Astzelle, welche die primäre Zelle des ersten Grades für das entstehende Stämmchen ist.

b. Keimblatt von *Jungermannia*.

3) $I^1 = {}^2I^1_{(a)} + {}^2I^1_{(b)}$ (vgl. A, 6).

4) ${}^2I^1_{(a)} = II^1_{(a)} + II^1_{(a)}$; und ${}^2I^1_{(b)} = II^1_{(b)} + II^1_{(b)}$ (vgl. A, 7). Die Achsen der vier secundären Zellen gehen von einem mittlern Punkt der Organachse aus, unter einem Winkel von circa 45° .

5) $II^1_{(a)} = II^2 + {}_1III$; darauf $II^2 = {}^2II^2 + {}^2II^2$; und überhaupt $II^n = II^n + {}^1 + {}_nIII$, oder $mII^n = m + {}^1II^n + m + {}^1II^n$ (vgl. A, 4).

6) $II^1_{(b)} = {}^2II^1_{(c)} + {}^2II^1_{(d)}$; dann ${}^2II^1_{(d)} = {}^3II^1_{(c)} + {}^3II^1_{(d)}$, und überhaupt $mII^1_{(d)} = m + {}^1II^1_{(c)} + m + {}^1II^1_{(d)}$, m kann die Werthe 1 3 haben. — Dagegen ${}^2II^1_{(c)}$, ${}^3II^1_{(c)}$ oder allgemein $mII^1_{(c)} = II^2 + {}_1III$; und weiter $II^n = II^n + {}^1 + {}_nIII$ oder $mII^n = m + {}^1II^n + m + {}^1II^n$, wobei n die Werthe 2 p , und m die Werthe 1 oder 2 haben kann; p ist eine begrenzte, aber unbestimmte Zahl (vgl. A, 4).

7) Das Keimblatt besteht aus einer Zellfläche, deren innere Zellen tertiäre Zellen, und deren Randzellen secundäre Zellen des n^{ten} Grades, unter diesen zwei gegenüberstehende aber secundäre Zellen des ersten Grades m^{te} Generation sind.

8) Die beiden secundären Zellen des ersten Grades m^{te} Generation können zu primären Zellen des ersten Grades für den entstehenden Stamm werden.

9) Das Wachsthum durch Zellenausdehnung ist gleichzeitig.

c. Keimblatt von *Lunularia*.

10) $I^1 = {}^2I^1 + {}^2I^1$, dann ${}^2I^1 = {}^3I^1 + {}^3I^1$ (vgl. A, 6). Vier primäre Zellen.

11) $3I^1 = II^1 + II^1$ (vgl. A, 7). Acht secundäre Zellen. Die Achsen der sechs untern gehen unter einem Winkel von 90° von der Organachse ab. Die Achsen der zwei Endzellen gehen unter einem Winkel von 45° von der Organachse ab.

12) II^1 und allgemein $II^n = II^{n+1} + nIII$, oder $mII^n = m + {}^1II^n + m + {}^1II^n$ (vgl. A, 4). Die beiden Formeln wechseln ohne Gesetzmässigkeit. m nimmt die Werthe 1 und 2, n die Werthe $1 \dots p$ an; p ist unbestimmt, aber limitirt.

13) Auf dieser Stufe der Entwicklung besteht das Keimblatt von *Lunularia* aus einer Zellfläche, deren innere Zellen tertiäre Zellen und deren Randzellen secundäre Zellen des p^{ten} Grades sind. — Die tertiären Zellen theilen sich aber noch weiter und bilden mehrere Zellschichten.

14) Das Wachsthum durch Zellenausdehnung ist gleichzeitig.

II. Vorkeim der Laubmoose.

15) $I^n = I^n + {}^1 + nII$ (vgl. A, 9 und 10).

16) Die secundären Zellen können mit ihrem obern Seitentheile auswachsen und eine Astzelle erzeugen: die primäre Zelle des ersten Grades für eine neue gleiche Organachse.

17) Die Keimfäden der Laubmoose sind verästelte Zelllinien, deren Achsen aus secundären und einer primären (End-) Zelle des n^{ten} Grades bestehen.

18) Die primäre Zelle des n^{ten} Grades kann zur primären Zelle des ersten Grades für die entstehende Stammachse werden.

III. Laub der Lebermoose.

19) $I^n = I^n + {}^1 + nII^1$ (vgl. A, 9 und 11). Die secundären Zellen stehen in zwei Reihen neben der Organachse, alterniren mit einer Divergenz von 180° , und bilden die Organfläche.

20) II^1 und allgemein $II^n = II^{n+1} + nIII$, oder $mII^n = m + {}^1II^n + m + {}^1II^n$ (vgl. A, 4). Die Wände schneiden die Organfläche unter einem rechten Winkel. Die beiden Formeln wechseln ohne Gesetzmässigkeit.

21) Die Frons besteht in diesem Stadium der Entwicklung aus einer Zellfläche, deren innere Zellen tertiäre, deren Randzellen secundäre Zellen sind, und deren Spitzenzelle eine primäre Zelle ist. Durch Zellenbildung der ersten (in zwei senkrechten Reihen neben der Achse liegenden) tertiären Zellen entsteht der Mittelnerv.

22) Das Wachsthum durch Ausdehnung ist ungleichzeitig und schreitet von der Basis nach der Spitze hin fort.

IV. Blatt der Laubmoose.

23) $I^n = I^n + 1 + nII^1$ (vgl. A, 9 und 11). Die secundären Zellen stehen in zwei Reihen neben der Organachse, alterniren mit der Divergenz von 180° , und bilden die Organfläche.

24) II^1 und allgemein $II^n = II^n + 1 + nIII$, oder $mII^n = m + 1II^n + m + 1II^n$ (vgl. A, 4). Die Wände schneiden die Organfläche unter einem rechten Winkel. Die beiden Formeln wechseln ohne Gesetzmässigkeit.

25) Das Blatt besteht in diesem Stadium der Entwicklung aus einer Zellfläche, deren mittlere Zellen tertiäre, die Randzellen secundäre Zellen sind und die Endzelle eine primäre Zelle ist. Durch Zellenbildung in den innern (der Achse nahe liegenden) tertiären Zellen kann ein Mittelnerv entstehen; durch Zellenbildung in allen tertiären Zellen kann sich das Blatt in mehrere Schichten theilen.

26) Das Wachsthum durch Zellenausdehnung ist ungleichzeitig und schreitet von der Spitze nach der Basis hin fort.

V. Stamm der Laub- und Lebermoose.

27) $I^n = I^n + 1 + nIII$ (vgl. A, 9 und 11). Die secundären Zellen stehen in mehrern Reihen um die Organachse, alterniren mit der Divergenz von $180^\circ - x$, und bilden den Organcylinder.

28) Durch Zellenbildung in den secundären Zellen bildet sich der Organcylinder weiter aus.

29) Das Wachsthum durch Zellenausdehnung ist ungleichzeitig, und schreitet von der Basis nach der Spitze hin fort.

Erklärung von Tab. II.

1—14. *Echinomitrium furcatum* Var. *lineare*.

1. Rand einer Frons. *DD* Randzellen; *EE* Zellen, welche unmittelbar hinter den Randzellen liegen. *ABC* Randzellen, welche grösser werden und zu Brutzellen sich umwandeln. — Zellen *DD* und *EE* = 0,007 — 0,008'''.

2. Rand einer Frons. Bezeichnung wie in Fig. 1. In den Brutzellen (= I^1) haben sich zuerst die Zellen $Aaa' = {}_1II^1$ und $BCa'a = I^2$ gebildet. I^2 hat sich in $Babb' = {}_2II^1$ und $Cbb' = I^3$ geteilt. I^3 erzeugt $a'bcc' = {}_3II^1$ und $Ccc' = I^4$.

3. Junge Laubachse, welche aus der Brutzelle entstanden ist. Bezeichnung wie in Fig. 1 und 2. Die Zelle $Ccc' = I^4$ hat sich in $b'cdd' = {}_4II^1$ und $Cdd' = I^5$, I^5 hat sich in $c'dee' = {}_5II^1$ und $Cee' = I^6$ geteilt.

4. Junge Laubachse, welche aus einer Brutzelle entstanden ist. Bezeichnung wie in Fig. 1, 2, 3. Die Zelle $Cee' = I^6$ hat die Zellen $d'eff' = {}_6II^1$ und $Cff' = I^7$ gebildet. ${}_1II^1$ (Aaa') hat sich in $Aam = {}_1III$ und $ma' = II^2$; ${}_2II^1$ (Bbb') hat sich in $Bbn = {}_1III$ und $nb' = II^2$ geteilt.

5. Junge Laubachse, welche aus einer Brutzelle entstanden ist. Bezeichnung wie in Fig. 1, 2, 3, 4. — ${}_3II^1$ ($a'bcc'$) bildet $bcd o = {}_1III$ und $a'oc' = II^2$; II^2 bildet $a'op = {}^2II^2$ und $pc' = {}^2II^2$. — ${}_4II^1$ ($b'cdd'$) bildet $cqed = {}_1III$ und $b'qed' = II^2$; II^2 bildet $b'qr = {}^2II^2$ und $d're = {}^2II^2$. — ${}_5II^1$ ($c'dee'$) bildet $eds = {}_1III$ und $c'se' = II^2$. — Die tertiären Zellen $cdob$ und $cdeq$ haben sich noch nachträglich durch die Wände *u* und *v* geteilt.

6. Junge Laubachse, welche aus einer Brutzelle entstanden ist. Bezeichnung wie in den früheren Figuren. Es sind nacheinander die Wände aa' , bb' , cc' , dd' , ee' , ff' , gg' , hh' , ii' , kk' , ll' , mm' entstanden. Die Entwicklung ist auf dieser Stufe stehen geblieben, indem die Zellen, mit Ausnahmen der zwei obersten $k'lm m' = {}_{12}II^1$ und $Cmm' = I^{13}$, alle einen grünen Inhalt besitzen und nicht

mehr fortpflanzungsfähig sind. Diese Laubachse besteht demnach bloss aus zwei Reihen von secundären Zellen des ersten Grades, nämlich $Aaa' = {}_1\text{II}^1$, $Bbb' = {}_2\text{II}^1$, $a'cc' = {}_3\text{II}^1$, $b'dd' = {}_4\text{II}^1$, $c'ee' = {}_5\text{II}^1$ u. s. w.

7. Junge Laubachse, welche aus einer Brutzelle entstanden ist. ${}_1\text{II}^1$ (Aaa') bildet $all = {}_1\text{III}$ und $a'll = \text{II}^2$; II^2 bildet $lm = {}^2\text{II}^2$ und $a'm = {}^2\text{II}^2$. — ${}_2\text{II}^1$ ($Babb'$) bildet $Ball = {}_1\text{III}$ und $b'll = \text{II}^2$; II^2 bildet $llmm = {}_2\text{III}$ und $b'mm = \text{II}^3$; ${}_2\text{III}$ theilt sich durch n . — ${}_3\text{II}^1$ ($a'bcc'$) bildet $bcn = {}_1\text{III}$ und $a'nc' = \text{II}^2$; II^2 bildet $no = {}_2\text{III}$ und $a'oc' = \text{II}^3$. — ${}_4\text{II}^1$ ($b'cdd'$) bildet $cdn = {}_1\text{III}$ und $b'nd' = \text{II}^2$. — ${}_5\text{II}^1$ ($c'dee'$) bildet $den = {}_1\text{III}$ und $c'ne' = \text{II}^2$. — ${}_6\text{II}^1$ ($d'eff'$) bildet $efp = {}_1\text{III}$ und $d'pf' = \text{II}^2$; II^2 bildet $pq = {}_2\text{III}$ und $d'qf' = \text{II}^3$. — ${}_7\text{II}^1$ ($efgg'$) bildet $fgr = {}_1\text{III}$ und $e'rrg' = \text{II}^2$; II^2 bildet $e'rs = {}^2\text{II}^2$ und $g'rs = {}^2\text{II}^2$. ${}_7\text{II}^1$ ($f'ghh'$) bildet $ghr = {}_1\text{III}$ und $f'rrh' = \text{II}^2$; II^2 bildet $f'rs = {}^2\text{II}^2$ und $h'rs = {}^2\text{II}^2$. — Höhe ($AB - C$) = 0,048''', Breite ($a' - b'm$) = 0,040'''.

8. Ende einer Laubachse. Nacheinander haben sich die Wände aa' , bb' , cc' , dd' , ee' , ff' , gg' , hh' , ii' , kk' gebildet. Die secundären Zellen des ersten Grades ($Babb'$, $a'bcc'$, $b'cdd'$, $c'dee'$, $d'eff'$, $e'fgg'$, $f'ghh'$, $g'hii'$) haben sich durch die Wände o in eine innere ${}_1\text{III}$ und in eine äussere II^2 getheilt. Nur die letzte ($n - 1^{\text{te}}$) II^1 ($h'ikk'$) hat sich noch nicht getheilt. $Ci'kk' = \text{I}^n$.

9. Ende einer Laubachse. Nacheinander sind die Wände aa' , bb' , cc' , dd' , ee' , ff' , gg' entstanden. $a'bcc'$ ($= \text{II}^1$) bildet $bcdm = {}_1\text{III}$ und $a'mdc' = \text{II}^2$; II^2 bildet $mdnn = {}_2\text{III}$ und $a'nncc' = \text{II}^3$; II^3 bildet $nnno = {}_3\text{III}$ und $a'oc' = \text{II}^4$. — $b'cdd'$ ($= \text{II}^1$) bildet $cden = {}_1\text{III}$ und $b'ned' = \text{II}^2$; II^2 bildet $neoo = {}_2\text{III}$ und $b'oood' = \text{II}^3$; II^3 bildet $b'op = {}^2\text{II}^3$ und $d'op = {}^2\text{II}^3$. — $c'dee'$ ($= \text{II}^1$) bildet $defn = {}_1\text{III}$ und $c'nfe' = \text{II}^2$; II^2 bildet $c'npp = {}^2\text{II}^2$ und $e'fpp = {}^2\text{II}^2$; ${}^2\text{II}^2$ ($c'npp$) bildet $npq = {}_2\text{III}$ und $c'pq = \text{II}^3$. — $d'eff'$ ($= \text{II}^1$) bildet $efgg' = {}_1\text{III}$ und $d'qgf' = \text{II}^2$. — $e'fgg' = n - 1\text{II}^1$. — $Cf'gg' = \text{I}^n$. — Die tertiären Zellen $mdnn$ und $neoo$ haben sich nachträglich durch die Wände u und v getheilt.

10. Stück aus einer Laubachse. Hier sind zuerst nacheinander

die Wände aa' , bb' , cc' , dd' , ee' , ff' , gg' , hh' , ii' , kk' entstanden. In den Zellen II^1 ($a'cc'$, $b'dd'$, $c'ee'$, $d'ff'$, $e'gg'$, $f'hh'$, $g'ii'$, $k'kk'$) haben sich nacheinander die Wände m , n , o gebildet. cm , dm , em , fm , gm , hm , im sind ${}_1III$; sie liegen in zwei senkrechten Reihen N^1N^1 und N^2N^2 ; aus ihnen entsteht der Mittelnerv. $mn = {}_2III$. $no = {}_3III$. $oa'c'$, $ob'd'$, $oc'e'$, $od'f'$, $oe'g'$, $of'h'$, $og'i'$, $oh'k' = II^4$ und zwar secundäre Zellen des letzten Grades, da die Zellenbildung beendet ist.

11, 12, 13. Ideale Darstellungen, deren Erklärung im Text enthalten ist.

14. Stück von einer Laubachse. NN Mittelnerv; DD Rand. dd' , cc' , bb' , aa' bezeichnen die Zellgewebsstücke, die aus je einer secundären Zelle des ersten Grades entstanden sind. Sie bestehen aus einer einfachen Reihe von tertiären Zellen, aussen durch eine secundäre Zelle des letzten Grades begrenzt. Mehrere dieser Zellen haben sich durch die Wände o getheilt.

15—20. Blätter von *Phascum cuspidatum*.

15. Ein junges Blatt, aus 21 Zellen bestehend; Länge = 0,018"', Breite 0,015"'. Zelleninhalt schwach grünlich, schleimig. Die Kerne sind helle kugelige Bläschen.

16. Das gleiche Blatt, wie Fig. 15, grösser dargestellt. ABC entspricht I^1 . I^1 theilt sich in $Aaa' = {}_1II^1 + Baa'C = I^2$. I^2 theilt sich in $Babb' = {}_2II^1$ und $a'bb'C = I^3$. I^3 theilt sich in $a'bcc' = {}_3II^1 + b'cc'C = I^4$. I^4 theilt sich in $b'cdd' = {}_4II^1 + c'dd'C = I^5$. I^5 theilt sich in $c'dee' = {}_5II^1 + d'ee'C = I^6$. I^6 theilt sich in $d'eff' = {}_6II^1 + e'ff'C = I^7$. I^7 theilt sich in $e'fgg' = {}_7II^1 + f'gg'C = I^8$. h bezeichnet die Wand, die bei der nächsten Zellenbildung in I^8 auftreten wird. — ${}_1II^1$ ($Aaba'$) bildet $abmm = {}_1III + Amma' = II^2$. II^2 bildet $Amnn = {}_2II^2 + a'mnn = {}_2II^2$. ${}_2II^2$ bildet $mno = {}_2III + Aon$ oder $a'on = II^3$. Auf gleiche Art theilen sich ${}_2II^1$, ${}_3II^1$, ${}_4II^1$ und ${}_5II^1$.

17. Das gleiche Blatt wie Fig. 15, grösser dargestellt, und mit Bezeichnung der Werthe für die einzelnen Zellen.

18. Spitze eines jungen, aber fast ausgewachsenen Blattes. Nach einander haben sich die Wände aa , bb , cc , dd , ee und f gebildet.

19. Spitze eines ausgewachsenen, aber noch jungen Blattes, wo die Zellen noch die gleiche Lage und Gestalt zeigen, in der sie entstanden sind. Von *a* abwärts besitzt das Blatt einen Mittelnerven. Nacheinander sind die Wände *aa*, *bb*, *cc*, *dd*, *ee*, *ff*, *gg*, *hh*, *ii* und *k* entstanden. *abcc* ($= II^1$) bildet $bcm = {}_1III + amc = II^2$; II^2 bildet $mn = {}_2III + anc = II^3$; II^3 bildet $no = {}_3III + aoc = II^4$; II^4 bildet $op = {}_4III + apc = II^5$. — *bccd* ($= II^1$) bildet $cdm = {}_1III + bmd = II^2$; II^2 bildet $mn = {}_2III + bnd = II^3$; *bnd* bildet $bnt = {}^2II^3 + dnt = {}^2II^3$; ${}^2II^3$ (*bnt*) bildet $nq = {}_3III + bqt = II^4$; ${}^2II^3$ (*dnt*) bildet $np = {}_3III + dpt = II^4$. — *cdee* verhält sich wie *abcc*. — *deff* verhält sich wie *bccd*. — *efgg* wie *abcc*. — *fghh* ($= II^1$) bildet $ghm = {}_1III + fmh = II^2$; II^2 bildet $fnt = {}^2II^2 + hnt = {}^2II^2$. — *ghii* ($= n - {}_2II^1$) wie *abcc*. — *hik* $= n - {}_1II^1$. — *kiC* $= I^n$.

20. Spitze eines jungen ausgewachsenen Blattes wie Fig. 19.

21, 22. Blatt von *Leskea complanata*.

21. Spitze eines jungen ausgewachsenen Blattes. Dimension $bC = 0,025''$; $ab = 0,016''$. Nacheinander sind die Wände *aa*, *bb*, *cc*, *dd*, *ee*, *f* entstanden. — *abcc* ($= n - {}_4II^1$) bildet $bcdg = {}_1III + agdc = II^2$; II^2 bildet $aghh = {}^2II^2 + cdhh = {}^2II^2$; ${}^2II^2$ bildet $ghi = {}_2III + ahi = II^3$, und ${}^2II^2$ bildet $dhi = {}_2III + chi = II^3$. — ${}_1III$ (*bcdg*) theilt sich erst durch die Wand *o*, dann durch *r*. — *bccd* ($= n - {}_3II^1$) bildet $cied = {}_1III + bied = II^2$; II^2 bildet $del = {}^2II^2 + bil = {}^2II^2$; ${}^2II^2$ bildet $bimm = {}^3II^2 + mml = {}^3II^2$. — ${}_1III$ theilt sich durch *o*. — *cdee* ($= n - {}_2II^1$) bildet $deh = {}_1III + che = II^2$. — *edf* $= n - {}_1II^1$. *feC* $= I^n$.

22. Spitze eines jungen ausgewachsenen Blattes wie Fig. 7.

Erklärung von Tab. III.

1—23. Keimblatt von *Lunularia vulgaris*.

1. ab die Trägerzelle, welche auf dem Grunde des Brutbehälters befestigt ist. bm, mn, no, oc die vier $^3I^1$, welche aus der Brutzelle bc oder $^1I^1$ entstanden sind.

2—15. Hier bezeichnet überall A die Trägerzelle, welche beim Freilegen der jungen Keimblätter entweder ganz geblieben oder entzwei gerissen ist. $a'a'a^2a^2$ die unterste primäre Zelle oder das derselben entsprechende Glied des Keimblattes. $a^2a^2a^3a^3$ die zweite primäre Zelle oder das derselben entsprechende Glied des Keimblattes. $a^3a^3a^4a^4$ die dritte primäre Zelle oder das derselben entsprechende Glied des Keimblattes. a^4a^4C oder a^4a^4b' die oberste primäre Zelle oder das derselben entsprechende Glied des Keimblattes. b oder bb die Scheidewand in einer $^3I^1$. $a'a^2b$ oder $a'a^2bb$, a^2a^3b oder a^2a^3bb , a^3a^4b oder a^3a^4bb und überhaupt aab oder $aabb$ bezeichnen die sechs untern II^1 ; a^4b , a^4bb' oder abb' die zwei obern II^2 .

2. In jeder $^3I^1$ ist ein dichter, weisslicher Kern vorhanden, neben einem farblosen homogenen Schleiminhalte. Der Kern hat diese Gestalt durch die Einwirkung von endosmotischem Wasser angenommen. Dimension $aa'-c = 0,010''''$; $a^3-a^3 = 0,007''''$.

3. In jeder $^3I^1$ haben sich zwei II^1 gebildet.

4. Erst die zwei obern $^3I^1$ haben Zellen erzeugt. Die Kerne haben noch nicht durch die Einwirkung des Wassers gelitten. Sie erscheinen als ein Bläschen mit einem Kernchen.

5. bm Achse von II^1 . $II^1 (baa)$ bildet $bc = {}_1III + caa = II^2$. $II^1 (abC)$ bildet $bc' = {}^2II^1 + ac' = {}^2II^1$.

6. $b''n$ Achse von II^1 ; II^1 bildet $b''c^2 = {}_1III + ac^2b' = II^2$. — II^1 bildet ferner $bb''c = {}_1III + aac = II^2$. — II^1 bildet endlich $bc'a = {}^2II^1 + bc'a = {}^2II^1$.

7. Wie in Fig. 5 und 6. — $II^1 (abb')$ bildet $b'cc^2 = {}^2II^1 + abcc^2 = {}^2II^1$; ${}^2II^1 (abcc^2)$ bildet $bcd = {}_1III + adc^2 = II^2$.

8. Wie in Fig. 7. — $\Pi^1 (abb')$ bildet $abc = {}^2\Pi^1 + b'c = {}^2\Pi^1$ durch eine mit der wagrechten Seitenfläche (ab') parallele Wand, oder $bb'c = {}^2\Pi^1 + ac = {}^2\Pi^1$ durch eine mit der senkrechten Seitenfläche (bb') parallele Wand. — Höhe $(A - b') = 0,015'''$, Breite $= 0,014'''$.

9. $\Pi^1 (aab)$ bildet $bcc = {}_1\Pi^1 + aacc = \Pi^2$; — Π^2 bildet $cad = {}^2\Pi^2 + cad = {}^2\Pi^2$. — $\Pi^1 (abb')$ bildet $bcc = {}_1\Pi^1 + ccab' = \Pi^2$; Π^2 bildet $acd' = {}^2\Pi^2 + b'cd' = {}^2\Pi^2$.

10. Wie in Fig. 9. — $\Pi^2 (caa)$ bildet $cd' = {}_2\Pi^1 + d'aa = \Pi^3$. — Die zwei oberen $\Pi^1 (ab')$ bilden $bb'cc = {}^2\Pi^1 + acc = {}^2\Pi^1$; ${}^2\Pi^1 (bb'cc)$ bildet $cbd = {}_1\Pi^1 + cb'd = \Pi^2$; — ${}^2\Pi^1 (acc)$ bildet $cd^2 = {}_1\Pi^1 + acd^2 = \Pi^2$. — Höhe $(aa - b') = 0,018'''$, Breite $= 0,016'''$.

11. $\Pi^2 (aac)$ bildet $cd = {}_2\Pi^1 + aad = \Pi^3$. — $\Pi^1 (ab)$ bildet $ac' = {}^2\Pi^1 + bc' = {}^2\Pi^1$.

12. Wie Fig. 10. — $\Pi^2 (cca)$ bildet $addc = {}^2\Pi^2 + addc = {}^2\Pi^2$; ${}^2\Pi^2 (addc)$ bildet $cde = {}_2\Pi^1 + ade = \Pi^3$. — Eine Π^2 theilt sich durch die schiefe Wand d' in $accd'$ ($= {}^2\Pi^2$) und ad' ($= {}^2\Pi^2$). — Höhe $(A - b') = 0,020'''$, Breite $= 0,020'''$.

13. Wie in Fig. 12. — Die zwei oberen $\Pi^1 (abb')$ bilden $acc = {}^2\Pi^1 + bb'cc = {}^2\Pi^1$; ${}^2\Pi^1 (acc)$ bildet $cdd = {}_1\Pi^1 + acdd = \Pi^2$; $\Pi^2 (acdd)$ bildet $ade = {}^2\Pi^2 + cde = {}^2\Pi^2$; — ${}^2\Pi^1 (bb'cc)$ bildet $bcd = {}_1\Pi^1 + b'cdd = \Pi^2$; $\Pi^2 (b'cdd)$ bildet $b'de = {}^2\Pi^2 + cde = {}^2\Pi^2$.

14. $\Pi^1 (a'ba^2)$ bildet $bc = {}_1\Pi^1 + a'ca^2 = \Pi^2$; Π^2 bildet $cdd = {}_2\Pi^1 + a'dda^2 = \Pi^3$; Π^3 bildet $a'de = {}^2\Pi^3 + a^2de = {}^2\Pi^3$. — $\Pi^1 (a^3ba^4)$ bildet $bcc = {}_1\Pi^1 + a^3cca^4 = \Pi^2$; Π^2 bildet $a^3cdd = {}^2\Pi^2 + a^4cdd = {}^2\Pi^2$; ${}^2\Pi^2$ bildet $cde (cdee) = {}_2\Pi^1 + dea^3$ oder $deea^4 = \Pi^3$; Π^3 bildet $def = {}^2\Pi^3 + a^4ef = {}^2\Pi^3$. — $\Pi^1 (a^4bb')$ bildet $a^4cc = {}^2\Pi^1 + bccb' = {}^2\Pi^1$; ${}^2\Pi^1 (a^4cc)$ bildet $cdd = {}_1\Pi^1 + a^4cdd = \Pi^2$; Π^2 bildet $a^4de = {}^2\Pi^2 + cde = {}^2\Pi^2$; — ${}^2\Pi^1 (bccb')$ bildet $bcd = {}_1\Pi^1 + cdb' = \Pi^2$; Π^2 bildet $de (dee) = {}_2\Pi^1 + ceb' (ceeb') = \Pi^3$; Π^3 bildet $cef = {}^2\Pi^3 + b'ef = {}^2\Pi^3$. — Höhe $(a'a' - b') = 0,025'''$, Breite $= 0,022'''$.

15. Wie Fig. 13 und 14. — ${}^2\Pi^2 (a^4cd)$ bildet $ce = {}_2\Pi^1$ und

$a^4ed = \text{II}^3$; II^3 bildet $ef = {}_3\text{III}$ und $a^4fd = \text{II}^4$. — Die zwei obern II^1 (a^4bb') theilen sich die Eine durch eine mit der innern Seitenfläche bb' parallele Wand (cc), die Andere durch eine mit der untern Seitenfläche a^4b parallele Wand (cc^2) in ${}^2\text{II}^1 + {}^2\text{II}^1$. ${}^2\text{II}^1$ (a^4bcc^2) bildet $bcd = {}_1\text{III} + a^4dc^2 = \text{II}^2$; II^2 bildet $dee = {}_2\text{III} + a^4eec^2 = \text{II}^3$; II^3 bildet $a^4ef = {}^2\text{II}^3 + c^2ef = {}^2\text{II}^3$. — ${}^2\text{II}^1$ ($b'cc^2$) bildet $cd d = {}_1\text{III} + b'ddc^2 = \text{II}^2$; II^2 bildet $c^2de = {}^2\text{II}^2 + b'de = {}^2\text{II}^2$. — Höhe ($a'a' - b'$) = 0,026''', Breite = 0,026'''.

16. Das oberste Glied des Keimblattes besonders; es entspricht der ${}^3\text{I}^1$ (a^4a^4b'). Die rechts gelegene II^1 (a^4bb') bildet $a^4cc = {}^2\text{II}^1 + bccb' = {}^2\text{II}^1$. ${}^2\text{II}^1$ (a^4cc) bildet $cd d = {}_1\text{III} + a^4ddc = \text{II}^2$; II^2 bildet $a^4dee = {}^2\text{II}^2 + cdee = {}^2\text{II}^2$; ${}^2\text{II}^2$ bildet $deff = {}_2\text{III} + a^4ffe$ oder $cffe = \text{II}^3$; II^3 bildet $a^4fgg = {}^2\text{II}^3 + efgg = {}^2\text{II}^3$, oder $cfgg = {}^2\text{II}^3 + efgg = {}^2\text{II}^3$; ${}^2\text{II}^3$ bildet $fgh = {}_3\text{III} + a^4hg$ oder ghe oder $chg = \text{II}^4$; II^4 (a^4hg und ghe) bildet $hi = {}_4\text{III} + a^4ig$ oder $eig = \text{II}^5$; — II^4 (ghe) bildet $ghn = {}^2\text{II}^4 + en = {}^2\text{II}^4$. — ${}^2\text{II}^1$ ($bccb'$) bildet $bcd d = {}_1\text{III} + cddb' = \text{II}^2$; II^2 bildet $cdee = {}^2\text{II}^2 + deeb' = {}^2\text{II}^2$; ${}^2\text{II}^2$ bildet $def = {}_2\text{III} + cfe$ oder $b'fe = \text{II}^3$; II^3 bildet $fgg = {}_3\text{II} + cgge$ oder $b'gge = \text{II}^4$; II^4 bildet $ghc = {}^2\text{II}^4 + ghe = {}^2\text{II}^4$, oder $b'gh = {}^2\text{II}^4 + ghe = {}^2\text{II}^4$.

Die links gelegene II^1 (a^4bb') bildet $a^4cc = {}^2\text{II}^1 + bccb' = {}^2\text{II}^1$. ${}^2\text{II}^1$ (a^4cc) bildet $cd d = {}_1\text{III} + a^4ddc = \text{II}^2$; II^2 bildet $a^4dee = {}^2\text{II}^2 + cdee = {}^2\text{II}^2$; ${}^2\text{II}^2$ bildet $def = {}_2\text{III} + a^4fe$ oder $cfe = \text{II}^3$; II^3 bildet $fgg = {}_3\text{III} + a^4gge$ oder $cgge = \text{II}^4$; II^4 bildet $a^4gh = {}^2\text{II}^4 + egh = {}^2\text{II}^4$, oder $cg h = {}^2\text{II}^4 + egh = {}^2\text{II}^4$. ${}^2\text{II}^1$ ($bccb'$) bildet $bcd d = {}_1\text{III} + cddb' = \text{II}^2$; II^2 bildet $cdee = {}^2\text{II}^2 + deeb' = {}^2\text{II}^2$; ${}^2\text{II}^2$ bildet $deff = {}_2\text{III} + cffe$ oder $b'ffe = \text{II}^3$; II^3 bildet $b'fgg = {}^2\text{II}^3 + efgg = {}^2\text{II}^3$, oder $cfgg = {}^2\text{II}^3 + efgg = {}^2\text{II}^3$; ${}^2\text{II}^3$ bildet $fgh = {}_3\text{III} + b'hg$ oder ehg oder $chg = \text{II}^4$. — Dimension $a^4a^4 = 0,040'''$; $bb' = 0,024'''$.

17 – 22. Halbe Keimblätter mit Bezeichnung der Zellenwerthe.

23. Das oberste Glied eines Keimblattes, das in Fig. 16 dargestellt ist, mit Angabe der Zellenwerthe.

24—35. Keimblatt von *Jungermannia*.

24. Zellen der Blattfläche; Durchmesser = 0,010'''. *B* eine Zelle, die grösser geworden ist und sich in eine Brutzelle umgewandelt hat; Länge = 0,016''', Breite = 0,013'''. Diese Brutzelle (I^1) hat sich durch die Wand *a* in zwei Zellen $I^1 + I^1$ getheilt.

25. Junges Keimblatt. Die Brutzelle bildet $ab'a' = I^1$ und $ab^2a' = I^1$. I^1 bildet $abb' = II^1 + a'bb' = II^1$, oder $abb^2 = II^1 + a'bb^2 = II^1$. *bm* Achse von II^1 .

26. Wie Fig. 25. — II^1 (abb^2 und $a'bb^2$) bildet bc (bcc) = $I^1III + ab^2c$ oder $a'b^2cc = II^2$; II^2 bildet $a'cd = II^2 + b^2cd = II^2$. — II^1 (abb' und $a'bb'$) bildet ac oder $a'cc = II^1 + bb'cc = II^1$; II^1 ($bb'cc$) bildet $bcd = I^1III + b'cd = II^2$.

27. Wie Fig. 26. — II^1 ($a'cc'$) bildet $a'cd = II^1 + c'd = II^1$. — II^1 ($bb'c'$) bildet $bcd = I^1III + b'cd = II^2$.

28. Wie Fig. 27. Breite = 0,025'''; Höhe = 0,020'''. — II^1 ($a'cdd$) bildet $cde = I^1III$ und $a'ed = II^2$. *A, A* ($acc' = II^1$, $ddc' = II^1$) Zellen, aus welchen die Stammachse entspringt.

29. Wie Fig. 28. — II^1 (abb') bildet $bb'c'c = II^1 + acc' = II^1$; II^1 (acc') bildet $ddc' = II^1 + acdd = II^1$; II^1 ($acdd$) bildet $cde = I^1III + ade = II^2$. — II^1 ($ba'b'$) bildet $bb'c'c = II^1 + a'cc' = II^1$; II^1 ($a'cc'$) bildet $a'cdd = II^1 + ddc' = II^1$; II^1 (ddc') bildet $dc'e' = II^1 + de' (A) = II^1$. — *A, A* = I^1 für die entstehende Stammachse.

30. Wie Fig. 29. Höhe ($b'b^2$) = 0,030''', Breite (*AA*) = 0,060'''. — II^1 (ddc') bildet $dee' (A) = II^1 + c'dee' = II^1$; II^1 ($c'dee'$) bildet $def = I^1III + c'e'f = II^2$. — Eine tertiäre Zelle (bcd) hat sich nachträglich durch die Wand *o* getheilt. — *A, A* sind II^1 am Keimblatt, dagegen I^1 an der entstehenden Stammachse. Sie haben sich in der letzteren Eigenschaft schon in einige Zellen getheilt.

31—35. Hälften von Keimblättern auf verschiedenen Entwicklungsstufen mit gleicher Bezeichnung wie in den frühern Figuren, und mit Angabe des Werthes für jede einzelne Zelle.

36—40. Brutkörner von *Jungermannia*; Länge = 0,006 bis 0,008'''. —

36. Ein Brutkorn von der Seite. Die Brutzelle (mm) hat sich durch o in $mo = {}^2I^1 + mo = {}^2I^1$ getheilt.

37. A, B, C . Ein Brutkorn mit je zwei Ecken, in verschiedenen Lagen dargestellt. ab die Ecken der einen, cd die Ecken der andern Zelle. A mit horizontaler Achse; c ist zugekehrt, d abgekehrt; B ebenfalls, aber um 90° gedreht, b ist zugekehrt, a abgekehrt; C mit verticaler Achse, die Ecken c, d sind zugekehrt.

38. A, B . Ein Brutkorn mit je drei Ecken, in horizontaler (A) und verticaler Lage (B) dargestellt. abc die Ecken der einen, def die Ecken der andern Endfläche. In A sind d, e und a zugekehrt; in B sind a, b, c zugekehrt.

39. Ein keimendes Brutkorn. a, b die beiden Zellen des Brutkorns. ABC die junge Stammachse. $I^1 (ABC)$ hat sich durch die Wand dd in $Bdd = {}_1II^1$ und $AddC = I^2$ getheilt. I^2 hat sich durch die Wand e in $Ade = {}_2II^1$ und $deC = I^3$ getheilt.

40. Ein keimendes Brutkorn.

Erklärung von Tab. IV.

1—7. Brutkeimfäden von *Phascum cuspidatum*.

1. Stämmchen. In den Blattwinkeln stehen 1, 2, 3 einfache oder verästelte Brutkeimfäden. Einzelne Achsen gehen in ein Knöpfchen (Stammknospe) aus.

2. Stück von einem Stämmchen, stärker vergrößert; Durchmesser = 0,040''' . *f* Blatt. *a* Epidermiszelle in der Blattachsel, welche durch Auswachsen die Zelle *g* erzeugt hat. *g* ein Brutkeimfaden, der noch bloss aus einer Zelle besteht.

3. Stück von einem Brutkeimfaden; der untere Theil desselben ist bei *a* der obere bei *b* abgerissen. Die braunen Zellen sind im Durchschnitt 0,060''' lang und 0,015''' breit. *p* schiefe, elliptische Wände, deren kürzester Durchmesser vertical steht; *q* schiefe, elliptische Wände, deren kürzester Durchmesser horizontal liegt. *r* Aeste, die bloss aus einer Zelle bestehen. *c* farblose Endzellen. *B* Theile des Brutkeimfadens mit grünem Zelleninhalte, kürzeren Zellen und rechtwinkligen Scheidewänden. *A'*, *A*² junge Stammachsen (Stammknospen); *A'* ist aus *I*², *A*² aus *I*⁵ der Keimfadenachse entstanden; *A*² = 0,040''' lang, 0,022 breit. *t'*, *t*² die Achsen des Keimfadens, auf denen die Stammknospen stehen, *t'* besteht aus einer Zelle, *t*² aus vier Zellen. *C* der untere Theil einer Stammachse, welche aus einer Stammknospe hervorgegangen ist, Durchmesser = 0,060'''; *f* das erste Blatt, welches bloss aus acht Zellen besteht; *s*, *s* Wurzeln, welche aus den Epidermiszellen des Stammes entspringen; Durchmesser der Wurzeln = 0,004'''. *t* die aus einer Zelle gebildete Achse des Keimfadens, auf welcher die Stammachse steht.

4. Stück eines Brutkeimfadens; *ab* eine Mutterachse, *t* deren Tochterachse, *A* die *I*⁵ dieser Tochterachse oder die *I*¹ der entstehenden Stammachse. Die zwei obern Zellen von *t* und die Zelle *A* enthalten einen farblosen schwach körnigen Schleim.

5. Junge Stammachse, besteht erst aus zwei Zellen: $a = {}_1\text{II}^1$ und $b = \text{I}^2$. t Zellen der Keimfadenachse.

6. Junge Stammachse, die aus drei Zellen gebildet ist: $a = {}_1\text{II}^1$, $b = {}_2\text{II}^1$, und $c = \text{I}^3$.

7. Junge Stammachse; der Werth der Zellen ist in der Zeichnung angegeben.

8. Stammspitze von *Jungermannia trichophylla*. Hier hat sich nach der Wand ac die Wand cb , und durch sie die Zellen $h = {}_n - {}_2\text{II}^1$ und $abc = \text{I}^n - {}^1$ gebildet. $\text{I}^n - {}^1$ hat sich in die Zellen $e = {}_n - {}_1\text{II}^1$ und $d = \text{I}^n$ getheilt. — f, f junge Blätter.

9. Spitze eines noch wachsenden Aestchens von *Sphagnum cymbifolium*. Dimension $m = 0,015''$; $n = 0,012''$. Nach der Wand ac ist die Wand bc und durch sie die Zellen $h = {}_n - {}_2\text{II}^1$ und $ab = \text{I}^n - {}^1$ entstanden. $\text{I}^n - {}^1$ (ab) bildet die Zellen $e = {}_n - {}_1\text{II}^1$ und $d = \text{I}^n$. — f junge Blätter.

Druck von Zürcher und Furrer.





