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

Artikel: Wachstumsgeschichte von Delesseria Hypoglossum
Autor: Nägeli, Carl
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-357981

Wachsthumsgeschichte von Delesseria Hypoglossum

von

Carl Nägeli.

Tab. I.

Delesseria Hypoglossum Ag. (Hypoglossum Woodwardii Kützing) ist eine Zellfläche[1]) (einfache Zellschicht), mit einem ungetheilten, aus mehrern Zellschichten gebildeten Mittelnerven. Mehr war bis jetzt über diese Pflanze, was ihre vegetativen Organe betrifft, nicht bekannt; auch *Kützing* in seiner Phycologia generalis sagt weder etwas über die Stellung der Zellen, noch über das Wachsthum der Frons. — Allerdings scheint die Stellung der Zellen in der Zellfläche neben dem Mittelnerven auf den ersten Blick ganz unregelmässig zu sein. Wenn man jedoch dieselbe im jüngsten Zustande unterhalb der wachsenden Spitze betrachtet, so findet man eine grosse Regelmässigkeit; und wenn man ihre Entwickelungsgeschichte studirt, so erhebt sich diese Regelmässigkeit zu einer mathematischen Gesetzmässigkeit.

An der Spitze des Laubes steht immer eine einzige Zelle: Endzelle oder Spitzenzelle (Tab. I, 1, *a*). Diese Spitzenzelle theilt sich durch eine horizontale Wand (2, α), welche von oben concav, von

---

[1]) Für die Ausdrücke »gegliederter Zellfaden, confervenartiger Faden, Zellenreihe« u. s. w. wird wohl am besten *Zelllinie*, für »einfache Zellschicht« *Zellfläche*, und für alles übrige bestimmt gestaltete und aus mehreren Zellschichten bestehende Gewebe *Zellkörper* gebraucht.

unten convex ist, in zwei Zellen. Die untere derselben ist scheibenförmig. Die obere hat die Gestalt der Mutterzelle, ist wenig kleiner als dieselbe, und gewinnt durch Wachsthum bald wieder die gleiche Grösse. Sie ist nun ihrerseits die Spitzenzelle, und theilt sich auf gleiche Weise, wie es die frühere Spitzenzelle gethan hat, durch eine horizontale Wand. Diese Zellenbildung ist überall in dem Punktum vegetationis von Hypoglossum zu sehen.

Die keimende Spore wächst an der einen Seite aus und theilt sich durch eine horizontale Wand in zwei Zellen. Von diesen ist die obere die Spitzenzelle; sie erzeugt wieder zwei Tochterzellen, von denen die obere die Natur der Spitzenzelle besitzt.

Wir finden also, dass das Wachsthum der Frons mit einer Zelle, der *Sporenzelle*, beginnt, und dass es an der Spitze durch eine Zelle, die *Spitzenzelle*, sich fortsetzt. Sporenzelle und Spitzenzelle verhalten sich in allen wesentlichen Beziehungen gleich: Die Sporenzelle dehnt sich in der Richtung der Achse der Frons aus, denn ihr Längendurchmesser ist die beginnende Laubachse; die Wand, durch die sie sich theilt, schneidet die Laubachse unter einem rechten Winkel; — die Spitzenzelle dehnt sich ebenfalls in der Richtung der Achse der Frons aus, und die in ihr entstehende Wand schneidet diese Achse ebenfalls unter einem R-Winkel. *Sporen-* und *Spitzenzelle* haben also das gleiche Wachsthum, die gleiche Achse, die gleiche Zellenbildung; es ist nur der Unterschied vorhanden, dass die *Sporenzelle* die Achse beginnt, und dass die jeweilige *Spitzenzelle* dieselbe fortsetzt. Beide sind dagegen absolut von denjenigen Zellen verschieden, welche je mit einer Spitzenzelle in der frühern Spitzenzelle entstanden sind, wie wir bald sehen werden.

Die Sporenzelle ist die erste Zelle einer Laubachse; ich will sie mit dem Namen einer primären Zelle bezeichnen. Die Spitzenzellen sind aber ebenfalls primäre Zellen, weil die Sporenzelle nichts als die erste Spitzenzelle ist. Um sie von einander zu unterscheiden, will ich die Sporenzelle die primäre Zelle des ersten Grades heissen und durch I^1 bezeichnen. Die Spitzenzellen sind die primären Zellen je eines folgenden, des $2, 3, 4 \ldots n^{\text{ten}}$ Grades, also $I^2, I^3, I^4 \ldots I^n$. Diejenigen

Zellen, welche mit je einer **primären Zelle** als Schwesterzelle in der frühern primären Zelle entstehen, werde ich **secundäre Zellen** nennen (die Zelle unter der Scheidewand α in Fig. 2, ferner 2, *b*; 1, *b*).

Die Sporenzelle oder die primäre Zelle des ersten Grades theilt sich also in die primäre Zelle des zweiten Grades und in die erste secundäre Zelle: $I^1 = I^2 + {}_1II$. Die primäre Zelle des zweiten Grades erzeugt die primäre Zelle des dritten Grades und die zweite secundäre Zelle: $I^2 = I^3 + {}_2II$. Und als allgemeines Gesetz für das Wachsthum im Punktum vegetationis von *Nitophyllum* ist auszusprechen: **Die primäre Zelle des n^{ten} Grades bildet die primäre Zelle des $n + 1^{ten}$ Grades und die n^{te} secundäre Zelle:**

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

In dieser Formel nimmt n nacheinander die Werthe 1, 2..... ∞ an; da das Wachsthum, wie es scheint, unbegrenzt ist.

In der idealen Darstellung Taf. I. Fig. 7 war *a b c* die primäre Zelle des $n-3^{ten}$ Grades (I^{n-3}). Sie theilte sich durch die Wand *d e* in die beiden Tochterzellen *a b c d* oder die $n-3^{te}$ secundäre Zelle (${}_{n-3}II$) und *d e c* oder die primäre Zelle des $n-2^{ten}$ Grades (I^{n-2}). Die letztere erzeugte die Tochterzellen *d e g f* oder ${}_{n-2}II$ und *f g c* oder I^{n-1}. Die primäre Zelle *f g c* bildete die Zellen *f g i h* oder ${}_{n-1}II$ und *h i c* oder I^n. Und die primäre Zelle des n^{ten} Grades wird sich wieder durch die Wand α in ${}_nII$ und I^{n+1} theilen.

In der Spitzenzelle oder der *primären* Zelle der wachsenden Frons entstehen also zwei Zellen, eine neue *primäre* Zelle und eine *secundäre* Zelle. Die *secundäre* Zelle (1, *b*; 2, *b*) ist scheibenförmig zusammengedrückt und etwas gebogen. Sie ist im Verhältniss zur Spitzenzelle sehr klein, indem ihre Höhe wenig mehr als den zehnten Theil der Höhe der letztern beträgt. Aus dieser Zelle geht durch Zellenbildung je **ein** Glied der Laubachse hervor.

Der Zellenbildungsprozess in der *secundären* Zelle ist folgender: Seitlich von der Mitte entsteht eine senkrechte, etwas schief von innen und oben nach unten und aussen gerichtete erste Wand (Fig. 2 zwischen *c* und *c'*, zwischen *d* und *d'*, zwischen *e* und *f* etc.;

Fig. 1 ebenfalls zwischen *c* und *c'* etc.). Sie theilt die *secundäre* Zelle in zwei ungleiche Hälften (Fig. 2, *c* und *c'*, *d* und *d'*). Eine gleiche zweite Wand wird auf der gegenüber liegenden Seite, gleichweit von der Mitte sichtbar (Fig. 1 zwischen *c* und *c''*; Fig. 2, zwischen *e* und *f*). So dass nun an der Stelle der ursprünglichen secundären Zelle drei Zellen stehen, von denen, wenn man sie in der Fläche der Frons betrachtet, die mittlere fast quadratisch (Fig. 1, *c*; Fig. 2, *e*), die beiden seitlichen lang und schmal (Fig. 1, *c'* und *c''*; Fig. 2, *f* und *f'*) erscheinen. Die beiden Wände sind fast parallel untereinander, ebenfalls parallel mit der *Laubachse*; sie schneiden aber die *Laubfläche* unter einem R-Winkel.

Die Zellenbildung in der mittlern Zelle (Fig. 1, *c*; Fig. 2, *e*) ist noch nicht beendigt. Es entsteht nun wieder eine fast senkrechte Wand seitlich von der Achse. Diese dritte Wand ist aber parallel mit der *Laubfläche*, und steht also rechtwinklig zu den beiden ersten Wänden. Sie ist nicht sichtbar, wenn die Frons von der Fläche betrachtet wird. — Dieser dritten Wand gegenüber bildet sich eine neue vierte Wand, welche ebenfalls mit der Laubfläche und demnach mit der dritten Wand parallel, auf die erste und zweite dagegen senkrecht ist. Sie kann natürlich in der Fläche der Frons ebenfalls nicht gesehen werden. Diese vierte Wand verhält sich zur dritten, genau wie die zweite zur ersten.

Das Resultat dieser Zellenbildung ist eine mittlere Zelle, und vier dieselbe umgebende Zellen. Die mittlere Zelle bildet keine neuen Zellen; sie ist eine D a u e r z e l l e. Die vier umgebenden Zellen vermehren sich weiter; sie sind M u t t e r z e l l e n. Dabei ist zu bemerken, dass zu der Zeit, wo die dritte und vierte Wand sich bildet, gewöhnlich sich die beiden ersten umgebenden Zellen (Fig. 1, *c'* und *c''*; Fig, 2, *f* und *f'*) schon wieder getheilt haben. Doch das ist für das Gesetz der Zellenbildung gleichgültig. — Da ein Durchschnitt in dieser Entwickelungsstufe wegen der zarten Zellwände unmöglich ist, so gebe ich einen idealen Durchschnitt (Fig. 9). Hier sind nacheinander die Wände *a b*, dann *c d*, dann *e f* und zuletzt *g h* entstanden. Dass die Zellenbildung wirklich in dieser Folge statt finde, geht aufs deutlichste, theils aus Untersuchungen im Punctum vegetationis, theils aus dem spätern Verhalten, theils aus stehenbleibenden Entwickelungsstufen, theils aus der Analogie mit andern Florideen [1]) hervor.

Fassen wir nun die Bedeutung der Zellen ins Auge, welche bei dieser Zellenbildung auftreten. In der secundären Zelle entstehen zwei Zellen durch eine excentrische senkrechte Wand (Fig 2 zwischen *c* und *c'*, zwischen *d* und *d'*); von diesen ist die kleinere (Fig. 2, *c'* und *d'*) der Mutterzelle ungleich, denn sie vermehrt sich nach einem andern Zellenbildungsgesetze; die grössere dagegen (Fig. 2, *c* und *d*) ist des Mutterzelle gleich, denn sie theilt sich, wie diese, von neuem durch eine excentrische Wand. Sie hat daher wie die Mutterzelle die Natur einer *secundären* Zelle, und wenn die ursprüngliche Zelle die *secundäre Zelle des ersten Grades*: II^1 heisst, so ist die eine ihrer Tochterzellen (Fig. 2, *c*; 2, *d*) die *secundäre Zelle des zweiten Grades:* II^2, die andere Tochterzelle (Fig. 2, *c'*; 2, *d'*) ist die *erste tertiäre Zelle:* ${}_1III$. Die secundäre Zelle des ersten Grades theilt sich demnach in die secundäre Zelle des zweiten Grades und in die erste tertiäre Zelle: $II^1 = II^2 + {}_1III$. Auf gleiche Weise theilt sich die secundäre Zelle des zweiten Grades in die secundäre Zelle des dritten Grades (Fig. 1, *c*; 2, *e*) und die zweite secundäre Zelle (Fig. 1, *c''*): $II^2 = II^3 + {}_2III$. Ferner $II^3 = II^4 + {}_3III$. Endlich $II^4 = II^5 + {}_4III$. Als allgemeines Gesetz für diese Zellenbildung gilt also: Die secundäre Zelle des n^{ten} Grades bildet die secundäre Zelle des $n + 1^{ten}$ Grades und die n^{te} tertiäre Zelle:

$$II^n = II^{n+1} + {}_nIII.$$

In dieser Formel kann n bloss die Werthe 1 .... 4 annehmen.

Die Darstellungen in Fig. 8 und 9 sind ideal. In dem Durchschnitte (Fig. 9) bezeichnet *l d b m a c l* die secundäre Zelle des ersten Grades (II^1), ehe sie sich theilte. In der Laubfläche (Fig. 8) erscheint sie als ${}_{n-1}II^1$. Sie erzeugt die Tochterzellen *a b m* (Fig. 9) oder die erste tertiäre Zelle (Fig. 8 und 9: ${}_1III$) und *a l b* (Fig. 9)

---

[1]) Ich verweise hiebei auf eine demnächst erscheinende Schrift über die Entwickelungsgeschichte der Algen und Florideen.

oder die secundäre Zelle des zweiten Grades (Fig. 8: II^2). II^2 bildet die Zellen *c l d* oder die zweite tertiäre Zelle (Fig. 8 und 9: $_2III$) und *a c d b* oder die secundäre Zelle des dritten Grades (Fig. 8: II^3). In II^3 entstehen die beiden Zellen *a c e f* (Fig. 9) oder $_3III$ und *e f b d* oder II^4; und endlich theilt sich II^4 in *g h b d* oder $_4III$ und *e f h g* oder II^5 (die letzte secundäre Zelle).

Die secundären Zellen der verschiedenen Grade weichen in der Gestalt von einander ab. II^1 ist eine kurze Säule mit elliptischer Grundfläche, II^2, II^3 und II^4 sind immer kleinere Abschnitte dieser Säule. Sie stimmen darin überein, dass sie die Achse der Säule behalten, und dass sie sich durch eine mit dieser Achse parallele Wand theilen. Die *secundäre Zelle des fünften Grades* besitzt ebenfalls die Achse der Säule, sie unterscheidet sich von II^1, II^2, II^3 und II^4 dadurch, dass sie bloss von geraden Flächen eingefasst ist, keine freie Fläche hat, und keine Tochterzellen bildet.

Die vier *tertiären* Zellen (Fig. 9: $_1III$, $_2III$, $_3III$ und $_4III$ sind, wie schon gesagt, *Mutterzellen.* Sie vermehren sich durch eine Zellenbildung, welche verschieden ist von der Zellenbildung in den *primären* und in den *secundären* Zellen. Die erste und zweite tertiäre Zelle verhalten sich untereinander vollkommen identisch, ebenso die dritte und vierte. Dagegen ist die Zellenbildung in den zwei ersten und diejenige in den zwei letzten tertiären Zellen etwas abweichend, doch immerhin bloss so weit, dass die beiden Zellenbildungen dem gleichen allgemeinen Gesetze angehören, welches den Zellenbildungsgesetzen der *primären* und der *secundären* Zellen entgegengesetzt ist. Ich will bloss von der Zellenbildung in den *beiden ersten tertiären Zellen* sprechen.

Die erste und zweite *tertiären Zellen* erscheinen von der Laubfläche angesehen schmal und lang (Fig. 1, *c'* und *c''*; Fig. 2, *f* und *f*). Sie sind von vier Flächen begrenzt: einer geraden, viereckigen, senkrechten [an die secundäre Zelle des dritten Grades (Fig. 1, *c*; 2, *e*) oder an die daraus hervorgegangenen Zellen (Fig. 9: $_3III$, II^5 und $_4III$)] angelehnten Grundfläche, zwei geraden, halbellipsenförmigen, horizontalen, untereinander parallelen (an das unter- und überliegende Glied Fig. 2, *b* und 2, *d'*) angelehnten Seitenflächen, und einer convexen, bandartigen und freien Oberfläche (Fig. 9, *amb*; 9, *cld*), deren Mittelpunkt ich den Scheitel (Fig. 9, *l*; 9, *m*) und die durch diesen Scheitel gehende senkrechte Linie den äussern Rand (Fig. 8, *l*; 8, *m*) nennen will.

In den beiden *ersten tertiären* Zellen $_1$III und $_2$III bildet sich nun eine etwas gebogene Wand (Fig. 1, *d'*), welche in Rücksicht auf die Laubachse fast horizontal ist, in Rücksicht auf die Mutterzelle aber von oben und innen nach unten und aussen geht. Sie schneidet von der obern Seitenfläche ein kleines Stück nach innen, und von dem äussern Rand ein kleines Stück nach unten ab. Diese Wand theilt somit die tertiäre Zelle in eine obere und äussere und in eine untere und innere Zelle. Die erstere will ich die tertiäre Zelle des zweiten Grades (III^2) nennen, da sie sich in Bezug auf Zellenbildung wieder gleich wie die Mutterzelle verhält, welche desswegen nicht bloss überhaupt tertiäre Zelle, sondern tertiäre Zelle des ersten Grades (III^1) heissen muss. Die letztere dagegen, die auf eine andere Art neue Zellen erzeugt, ist eine (und zwar die erste) quartäre Zelle ($_1$IV). Nun entsteht in der *tertiären Zelle des zweiten Grades* eine Wand, welche mit der in der tertiären Zelle des ersten Grades entstandenen vollkommen parallel läuft (Fig. 1, *e'*) und wieder den innersten Theil der obern Wand und den untersten Theil des äussern Randes der Mutterzelle abschneidet. Die beiden Tochterzellen sind die tertiäre Zelle des dritten Grades (III^3) und die zweite quartäre Zelle ($_2$IV). Dieser Zellenbildungsprozess setzt sich auf die angefangene Weise fort, indem fortwährend neue, mit den frühern parallele, Wände entstehen (vgl. Fig. 1, *f'*, *f''*, *g''*, *h''*, *i''*, *k''*). Das Gesetz heisst allgemein: Die tertiäre Zelle des n^{ten} Grades bildet die tertiäre Zelle des $n+1$ Grades und die n^{te} quartäre Zelle

$$III^n = III^{n+1} + {}_nIV.$$

Für n können die Werthe 1 ..... p gesetzt werden. p ist eine unbestimmte, aber doch limitirte Zahl, da dieses Wachsthum begrenzt ist.

Die Zellenbildung wird deutlicher werden durch die ideale Darstellung Fig. 10, und wenn dieselbe mit den nach der Natur gemachten Zeichnungen Fig. 1 und 2 verglichen wird. *m m o o* bezeichnen die erste und zweite *tertiären Zellen des ersten Grades* (III^1), ehe sie sich getheilt haben. *o o o o* sind die secundären Zellen des fünften Grades (II^5), welche nach vorn und nach hinten von der dritten und vierten tertiären Zelle des ersten Grades ($_3III^1$ und $_4III^1$) bedeckt sind (vergl. Fig. 9). III^1 (*m m o o*) theilt sich durch die Wand *a a* in die Zelle *a a m o o* oder die erste quartäre Zelle ($_1IV$) und in die Zelle *a a m* oder die tertiäre Zelle des zweiten Grades (III^2). III^2 (*a a m*) erzeugt durch die Wand *b b* die beiden Zellen *b b a a* oder die zweite quartäre Zelle ($_2IV$) und *b b m* oder die tertiäre Zelle des dritten Grades (III^3). In III^3 (*b b m*) entsteht die Wand *c c* und die Tochterzellen *c c b b* oder $_3IV$ und *c c m* oder III^4. III^4 (*ccm*) theilt sich durch die Wand *d d* und bildet die beiden Zellen *d d c c* ($_4IV$) und *d d m* (III^5) u. s. w.

Die *quartären Zellen* (vgl. Fig. 1; und Fig. 10, IV) haben eine scheibenförmige, von oben wenig concave, von unten wenig convexe Gestalt. Ihre Höhe ist nach innen beträchtlicher, als nach aussen. Die 1, 2, 3 ..... p^{te} quartären Zellen (Fig. 10, $_1IV$, $_2IV$, $_3IV$, $_4IV$ .....) ändern sich in einem stetigen Verhältniss, indem sie an Länge und Höhe abnehmen und ebenso der Unterschied zwischen ihrem innern und äussern senkrechten Durchmesser kleiner wird. Alle quartären Zellen stimmen mit einander in der Zellenbildung überein. Sie bilden in ihrem innern Theile eine fast senkrechte Wand (Fig. 2, γ). Dadurch entsteht eine innere, fast quadratische, kleinere, in der Fläche rings von Zellen umschlossene Zelle (Fig. 1, *o*; Fig. 2, *o*) und eine grössere lange und schmale, der Mutterzelle in der Gestalt ähnliche Zelle mit äusserm freien Rande (Fig. 2, *m*). Diese Zelle ist als eine quartäre Zelle des zweiten Grades, die Mutterzelle dagegen als die quartäre Zelle des *ersten Grades* zu bezeichnen. Jede quartäre Zelle des ersten Grades theilt sich also in eine quartäre Zelle des zweiten Grades und in eine erste quintäre Zelle: $IV^1 = IV^2 + {}_1V$. Die erstere Tochterzelle gleicht in der Fortpflanzungsfähigkeit vollkommen der Mutterzelle; die letztere Tochterzelle dagegen ist darin von der Mutterzelle absolut verschieden. Jede quartäre Zelle des zweiten Grades erzeugt eine quartäre Zelle des dritten Grades und eine zweite quintäre Zelle: $IV^2 = IV^3 + {}_2V$. Auf diese Weise geht die Zellenbildung fort, indem in dem Raum, welchen früher eine jede der 1, 2 .... p^{ten} quartären Zellen des ersten Grades eingenommen hatte, nacheinander von innen nach aussen fast senkrechte, untereinander parallele Wände auftreten (vgl. Fig. 1). Nach aussen hin nehmen diese Scheidewände mehr und mehr eine etwas schiefe Lage an, doch so, dass sie die Seitenwände der quartären Zellen ziemlich unter einem R-Winkel berühren. — Diese Zellenbildung heisst als allgemeines Gesetz: Die quartäre Zelle des n^{ten} Grades bildet die quartäre Zelle des $_{n\,+\,1}{}^{ten}$ Grades und die n^{te} quintäre Zelle:

$$IV^n = IV^{n+1} + {}_nV.$$

Für n sind die Werthe 1, 2, 3 ..... p gültig; p ist eine unbestimmte, begrenzte Zahl.

In der idealen Darstellung Fig. 11 sind die Zellen auf gleiche Weise wie in Fig. 10 bezeichnet. *oomm* bedeutet den Raum, der einer tertiären Zelle des ersten Grades (III^1) entspricht. *ooma'a*, *aa'b'b*, *bb'c'c*, *cc'd'd*, *dd'e'e* etc. bezeichnen nacheinander die 1, 2 ..... n^{ten} quartären Zellen des ersten Grades (${}_1IV^1$, ${}_2IV^1$..... ${}_nIV^1$). Die erste quartäre Zelle des ersten Grades (${}_1IV^1$) *ooma'a* theilt sich durch die Wand *pp* in die Zelle *ooppa* oder die erste quintäre Zelle (${}_{1,\,1}V$) und in die Zelle *ppma'* oder die erste quartäre Zelle des zweiten Grades (${}_1IV^2$). Die Zelle *ppma'* (${}_1IV^2$) erzeugt durch die Wand *qq* die Zellen *ppqq* oder ${}_{1,\,2}V$ und *qqma'* oder ${}_1IV^3$. Die Zelle *qqma'* bildet vermittelst der Scheidewand *rr* die Zellen *qqrr* oder ${}_{1,\,3}V$ und *rrma'* oder ${}_1IV^4$. Dieses geht so weiter nach dem Gesetze: ${}_1IV^n = {}_1IV^{n+1} + {}_{1,\,n}V$. — Auf gleiche Weise verhält sich die zweite quartäre Zelle des ersten Grades *aa'b'b*. Sie theilt sich durch die Wand *pp* in die Zellen *abpp* oder die erste quintäre Zelle (${}_{2,\,1}V$) und *ppa'b'* oder die zweite quartäre Zelle des zweiten Grades (${}_2IV^2$). *ppa'b'* (${}_2IV^2$) erzeugt vermittelst der Wand *qq* die Zellen *ppqq* oder ${}_{2,\,2}V$ und *qqa'b'* oder ${}_2IV^3$. Allgemein ${}_2IV^n = {}_{2,\,n}V + {}_2IV^{n+1}$. Die folgenden quartären Zellen zeigen das gleiche Verhalten nämlich ${}_3IV^n = {}_{3,\,n}V + {}_3IV^{n+1}$;

${}_4\mathrm{IV}^n = {}_{4,n}\mathrm{V} + {}_4\mathrm{IV}^{n+1}$ u. s. w. Für alle quartären Zellen gilt also das gleiche Gesetz; für die m^{te} quartäre Zelle heisst es: ${}_m\mathrm{IV}^n = {}_{m,n}\mathrm{V} + {}_m\mathrm{IV}^{n+1}$; und da man m überall aus der Formel weglassen kann, so verwandelt sie sich in den allgemeinen Ausdruck $\mathrm{IV}^n = {}_n\mathrm{V} + \mathrm{IV}^{n+1}$.

Die quintären Zellen sind von der Fläche angesehen viereckig, gewöhnlich ohne einen vorwiegenden Durchmesser. Sie liegen in horizontalen Reihen, von denen jede einer quartären Zelle des ersten Grades entspricht (Fig. 10, ${}_1\mathrm{IV}$, ${}_2\mathrm{IV}$, ${}_3\mathrm{IV}$ etc.; Fig. 11, ${}_1\mathrm{IV}^1$, ${}_2\mathrm{IV}^1$, ${}_3\mathrm{IV}^1$ etc.). Diese Reihen nehmen in jedem Gliede (d. h. in jeder Portion von Zellgewebe, die aus einer tertiären Zelle des ersten Grades entstanden ist, Fig. 10 und 11, *mmoo*) von unten nach oben an Länge und an Zellenzahl ab.

Die Fig. 3, 5 und 12 stellen das Zellgewebe von quintären Zellen dar, das aus einer tertiären Zelle des ersten Grades (Fig. 10 und 11, *m m o o*) hervorgegangen ist, in natürlicher (Fig. 3 und 5) und in idealer Zeichnung (Fig. 12). Die Zellenreihen *oomaa*, *aabb*, *bbcc*, *ccdd*, *ddee*, *eeff* etc. entsprechen den quartären Zellen mit gleicher Bezeichnung in den Fig. 10 und 11. Die Reihen nehmen nach aussen und oben an Zahl und Grösse ab. Die unterste Reihe *oomaa* hat z. B. 11 Zellen in Fig. 3, 13 in Fig. 12; die dritte Reihe *bbcc* hat 9 Zellen in Fig. 3, 10 in Fig. 12; die sechste *eeff* hat bloss 5 in Fig. 3, 6 Zellen in Fig. 12. In der gleichen Reihe nehmen die Zellen von innen nach aussen an Grösse ab. Am auffallendsten ist diess in der ersten Reihe (*oomaa*), wo die innerste Zelle doppelt so gross als die unmittelbar darauf folgende und vielmal grösser als die letzte Zelle der Reihe ist. In den obersten und äussersten Reihen dagegen ist fast kein Unterschied mehr vorhanden.

Die *quintären Zellen* sind meistens Dauerzellen; sie constituiren die Frons, wo sie bloss eine Zellfläche ist. Der Mittelnerv, welcher aus mehrern Zellschichten besteht, ist entstanden theils aus der secundären Zelle des dritten Grades (II^3 vgl. Fig. 8, *eghf*; Fig. 9, *cabd*), welche, wie wir oben gesehen haben, sich in die secundäre Zelle des 5^{ten} Grades und in die 3^{te} und 4^{te} tertiäre

Zelle theilt (vgl. Fig. 9); theils aus den innersten tertiären Zellen, welche sich ebenfalls durch Scheidewände theilen, die mit der Laubfläche parallel sind. Diese Zellenbildung will ich hier übergehen.

Die verschiedenen Arten des Zellenbildungsprozesses erzeugen somit zuletzt eine Zellfläche (einfache Zellschicht), wenn wir vorläufig von der weitern Theilung der quintären Zellen zur Bildung eines Mittelnerven, welche erst später auftritt, absehen. Die Zellen dieser Flächen haben aber eine verschiedene Bedeutung. An der Spitze steht die primäre Zelle des n^{ten} Grades (Fig. 1, *a*; 7, I^n; 8, I^n). Abwärts von ihr steht eine Reihe von secundären Zellen einige des dritten Grades (Fig. 1, *c*, *d*), alle andern des $_5{}^{ten}$ Grades (Fig. 1, *m*, *m*, *m*..., Fig. 10 und 11, II^5). Von den letztern ist jede beiderseits, d. h. nach vorn und nach hinten, von einer tertiären Zelle des $_1{}^{ten}$ Grades bedeckt (Fig. 9, $_3III$ und $_4III$). Rechts und links von den secundären Zellen liegt eine Zellfläche. Diese Zellfläche ist in Glieder abgetheilt, von denen jedes die gleiche Höhe hat, wie eine secundäre Dauerzelle (II^5), und aus einer der beiden ersten tertiären Zellen des $_1{}^{ten}$ Grades (Fig. 10, 11, 12, 3: *oomm*) entstanden ist. Jedes Glied besteht aus einer grössern oder geringern Zahl von horizontalen Zellenreihen, welche, wie wir vorhin gesehen haben, an Zahl und Länge von unten nach oben abnehmen. Nur die unterste Reihe berührt die secundäre Dauerzelle oder Achsenzelle (Fig. 1, *m*; Fig. 10, 11, 12 : *oooo*); aber alle Reihen berühren den Rand der Zellfläche. Jede horizontale Reihe enthält von innen nach aussen die Zellen $_1V$, $_2V$, $_3V$.... pV. Ich zählte am häufigsten etwa 8—10 Reihen in einem Glied, und 10—12 Zellen in der untersten Reihe.

Die Zellen eines Gliedes der Zellfläche stehen nun aber auch in schief-senkrechten Reihen. Die innerste Reihe enthält eine Zelle (Fig. 12 und 3, *apoo*), die zweite Reihe enthält zwei Zellen (Fig. 12 und 3, *apqb*) und jede folgende Reihe *bqrc*, *crsd*, *dste*, *etuf* u. s. w. besitzt eine Zelle mehr. Die innerste Reihe besteht bloss aus $_{1,1}V$, die $_2{}^{te}$ von unten nach oben aus $_{1,2}V + _{2,1}V$, die dritte aus $_{1,3}V + _{2,2}V + _{3,1}V$, und die n^{te} von unten nach oben aus ${}_{1,\,n}\mathrm{V} + {}_{2,\,n\,-\,1}\mathrm{V} + {}_{3,\,n\,-\,2}\mathrm{V} \ldots\ldots + {}_{n\,-\,2,\,3}\mathrm{V} + {}_{n\,-\,1,\,2}\mathrm{V} + {}_{n,\,1}\mathrm{V}$. Hiebei bezeichnet n eine beliebige Zahl von $1 \ldots\ldots p$. Die Zahl hinter dem Comma bedeutet die ${}_1$te, ${}_2$te.... $n$te quintäre Zelle vor einer Reihe; die Zahl vor dem Comma dagegen bedeutet die ${}_1$te, ${}_2$te .... $n$te Reihe, von unten nach oben gezählt, oder was dasselbe ist, die ${}_1$te, ${}_2$te .... $n$te quartäre Zelle, aus der je eine Reihe entstanden ist.

Alle innern Zellen eines Gliedes, die in der Fläche rings an Zellen anstossen, sind *quintäre* Zellen. Alle Randzellen dagegen, welche ein Glied nach aussen begrenzen, mit Ausnahme je der obersten, sind *quartäre* Zellen und zwar des letzten Grades, in denen keine Zellenbildung mehr stattgefunden hat. Besteht eine horizontale Reihe z. B. aus 7 Zellen, so sind es die ${}_1$te, ${}_2$te.... ${}_6$te quintären Zellen und zuäusserst die quartäre Zelle des ${}_7$ten Grades. Die letzte horizontale Reihe hat bloss zwei Zellen, also eine ${}_1$te quintäre Zelle und eine quartäre Zelle des ${}_2$ten Grades (Fig. 3, *hhgg*).

Je die oberste Randzelle an einem Glied (Fig. 3, *hhm*) ist keine quartäre Zelle, sondern eine *tertiäre Zelle*, und zwar des letzten Grades, weil in ihr die Zellenbildung $\mathrm{III}^n = \mathrm{III}^{n+1} + {}_n\mathrm{IV}$ aufgehört hat. Besteht ein Glied z. B. aus 9 horizontalen Reihen, so ist die Zelle, welche das Glied nach aussen und oben begrenzt, eine tertiäre Zelle des ${}_{10}$ten Grades.

Die Zellen in den Zellflächen seitlich von den secundären Dauerzellen (Achsenzellen) haben demnach ursprünglich eine vollkommen regelmässige Lage. Dieselbe ist in jüngern Theilen der Frons immer leicht zu erkennen. In der ältern Frons dagegen wird sie auf den ersten Blick undeutlich, weil die Zellen durch ungleiche Ausdehnung ihre gesetzmässige Stellung zwar nicht verlieren, aber doch verwischen. Sobald aber das Wachsthumsgesetz erkannt ist, so gelingt es selbst da, die gesetzmässige Stellung herauszufinden.

Fassen wir die bisherigen Resultate zusammen, so kann das Wachsthum der Frons von *Hypoglossum* in folgende Formeln der Zellenbildung gebracht werden:

$$1)\quad I^1 = I^2 + {}_1II^1$$
$$I^2 = I^3 + {}_2II^1$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$I^n = I^{n+1} + {}_nII^1$$

n kann die Werthe $_1$, $_2$, $_3 \ldots \infty$ annehmen.

$$2)\quad II^1 = II^2 + {}_1III^1$$
$$II^2 = II^3 + {}_2III^1$$
$$II^3 = II^4 + {}_3III^1$$
$$II^4 = II^5 + {}_4III^1$$

Die Formel gilt für jedes $(_1, _2 \ldots \infty)$ II^1.

$$3)\quad {}_{(1\,u.\,2)}III^1 = III^2 + {}_1IV^1$$
$$III^2 = III^3 + {}_2IV^1$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$III^n = III^{n+1} + {}_nIV^1$$

Die Formel gilt nur für $_1III^1$ und $_2III^1$ (nicht für $_3III^1$ und $_4III^1$). n kann die Werthe $_1 \ldots p$ annehmen. p ist eine unbestimmte, limitirte Zahl.

$$4)\quad IV^1 = IV^2 + {}_1V$$
$$IV^2 = IV^3 + {}_2V$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$IV^n = IV^{n+1} + {}_nV$$

Die Formel gilt für alle $(_1 \ldots p)$ IV^1. n kann die Werthe $_1 \ldots p$ annehmen. p ist eine unbestimmte, limitirte Zahl.

Nach diesen 4 Formeln der Zellenbildung wächst das Laub von *Hypoglossum.* Dabei ist aber zu bemerken, dass die Zellenbildung noch nicht ganz beendigt ist. Sondern die dritte und vierte tertiäre Zelle des ersten Grades ($_3III^1$ und $_4III^1$ aus der zweiten Formel) (Fig. 9, $_3III$ und $_4III$), sowie die innersten quintären Zellen (nämlich $_{1,1}V$, $_{1,2}V$, $_{2,1}V$ .... aus der vierten Formel nach der oben [pag. 132] angenommenen Bezeichnung) (Fig. 1, *o*, *o*, *p'*, *p*) theilen sich weiter durch Wände, welche mit der Laubfläche parallel sind, und erzeugen den Mittelnerven. Für diese Zellenbildung muss noch eine Formel aufgestellt werden, ehe das ganze Wachsthum seine vollständige absolute Form gefunden hat[1]).

Das Gesetz des Wachsthums, wie es formulirt worden ist, ist ein absolutes. Ausnahmen davon giebt es keine. Eine Menge Exemplare, die ich untersuchte, zeigten vollkommen das gleiche Verhalten. Alle Unterschiede bewegten sich bloss in relativen Grössen, vorzüglich in der Zahl der gleichwerthigen Zellen. Es muss aber hier noch eines Umstandes erwähnt werden, der anfänglich als eine Ausnahme erscheint, bei näherer Betrachtung aber kaum diesen Namen verdient. Es ist diess eine abnorme Zellenbildung, welche zuweilen in den untern Randzellen eines Articulus auftritt. Die Randzellen eines Articulus sind alles *quartäre* Zellen des letzten Grades, mit Ausnahme der obersten, welche eine tertiäre Zelle des letzten Grades ist. Die untersten Randzellen sind aus den ersten (1, 2ten....) quartären Zellen des 1ten Grades eines Gliedes entstanden. Da diese aber sich zuerst gebildet haben, und das ganze Glied fortwährend noch in der Ausdehnung begriffen war, so werden auch die Zellen der aus ihnen hervorgehenden horizontalen Zellenreihen grösser als die der obern Reihen. Dessnahen sind meistens auch die untern Randzellen (quartären Zellen des letzten Grades) grösser als die obern. Um diese Ungleichheit der Randzellen zu beseitigen, theilen sich die grössern in zwei oder mehrere kleinere. Diese Theilung geschieht aber wieder nach einem bestimmten Gesetze, und zwar nach dem gleichen, nach dem sich die *tertiären Zellen* theilen. Eine quartäre Zelle des letzten Grades (Fig. 4, IV) verwandelt sich also in eine tertiäre Zelle des 1ten Grades (Fig. 6, *mnqp*, *norq*, *mm o′o*; Fig. 5, *ma*, *ab*, *bc*, *cd*). Die erste Wand ist horizontal, schief von innen und oben nach unten und aussen gerichtet (Fig. 5, α, α, α; Fig. 6, *ap*, *aq*, *aa*). Die untere der beiden Tochterzellen ist eine quartäre Zelle (Fig. 6, *anqp*, *aorq*, *aaom*), die obere wieder eine tertiäre Zelle (Fig. 6,

---

[1]) Da die Erörterung dieses Gegenstandes hier zu weit führen würde, so muss ich auf eine besondere Schrift über Algen und Florideen verweisen.

apm, *aqn*, *aao'm*). Wenn in der untern Tochterzelle Zellenbildung auftritt, so geschieht es durch eine senkrechte Wand (Fig. 6, *pp*); es entsteht eine innere quintäre Zelle (Fig. 6, *aopp*) und eine äussere quartäre Zelle des folgenden Grades (Fig. 6, *ppma*). Wenn dagegen die obere Zelle Tochterzellen bildet, so thut sie es als tertiäre Zelle wieder durch eine schief-horizontale Wand (Fig. 6, *bb*), und erzeugt eine zweite quartäre Zelle (Fig. 6, *aabbo'*) und eine tertiäre Zelle des folgenden Grades (Fig. 6, *bbm*). Der ganze Vorgang beruht also darin, dass eine *quartäre Zelle des letzten Grades* die Natur einer *tertiären Zelle des ersten Grades* annimmt, und dass zufolge dessen die Zellenbildung in den beiden Formeln $III^n = III^{n+1} + {}_nIV$ und $IV^n = IV^{n+1} + {}_nV$ auftritt. Ich sah auf diese Weise in einer Randzelle 2, 3 oder 4 Zellen entstehen.

Es frägt sich nun: Ist dieser Vorgang eine Ausnahme von der gesetzmässigen Zellenbildung, so dass dieser keine absolute Gültigkeit eingeräumt werden kann? Ich muss diese Frage verneinen. Für das Wachsthum von *Hypoglossum* in der Laubfläche gelten die oben entwickelten 4 Formeln der Zellenbildung. Diejenige Zellenbildung, die, wie ich eben nachgewiesen habe, zuweilen in den untern Randzellen eines Gliedes stattfindet, ist nun aber dieselbe, wie die dritte und vierte Formel sie fordert. Es kann also als ausnahmsloses Gesetz ausgesprochen werden, dass alle Zellenbildung in der Laubfläche nach den 4 Formeln vor sich gehe. Das Abnormale liegt nicht in der Zellenbildung nach einem andern Gesetze, sondern darin, dass eine Zelle, die ihrer Stellung und ihrem Ursprunge gemäss eine *quartäre* Zelle ist, die Natur und das Zellenbildungsvermögen einer *tertiären* Zelle erlangt, und ihre Natur als *quartäre* Zelle verliert. Wir werden also auf die Frage geführt, wie ist es möglich, dass eine Zelle ihre Natur ändert? eine Frage, welche ich hier nicht beantworten kann. Ich bemerke bloss, dass, soweit meine Erfahrungen namentlich im Gebiete der Entwickelungsgeschichte von Algen und Florideen reichen, dieser Vorgang ein nicht sehr häufiger ist, und dass er, wo er auftritt, bestimmten Regeln unterworfen ist, so dass in einer Pflanze bloss bestimmte Zellen und diese wieder bloss auf bestimmte Weise ihre Natur ändern können.

Eine solche Regel, die aber von der grössten Wichtigkeit ist, ist z. B. die, dass eine Zelle bloss in eine Zelle eines geringern Werthes sich verwandeln kann, wie hier eine *quartäre* in eine *tertiäre* Zelle, nie umgekehrt.

Aus der Wachsthumsgeschichte von *Hypoglossum* könnten nun mehrere wichtige Resultate für Physiologie und Systematik abgeleitet werden, wie z. B. dass es mit der Zwischenzellenbildung (evolutio cellularum interutricularis) nichts sein kann, wenn es möglich wird, von jeder Zelle zu zeigen, in welcher Mutterzelle sie entstanden ist. Dass es aber möglich sei, werde ich durch die Entwickelungsgeschichte vieler anderer Florideen und Algen nachweisen. Andere spezielle Anwendungen will ich dem Leser überlassen. Das wichtigste Resultat ist das, dass für Physiologie und Systematik Begriffe von absoluter (mathematischer) Form gefunden werden können. Dass es die Aufgabe der Naturgeschichte sei, sie zu suchen, habe ich im ersten Heft dieser Zeitschrift[1]) gezeigt.

Erklärung von Tab. I.

1—6. Delesseria Hypoplossum Ag.

1. Spitze einer Frons. Dimension von A bis $C = 0{,}045'''$, von A bis $B = 0{,}036'''$. a Endzelle $= \mathrm{I}^n$. b oberstes, $_{n-1}$tes Glied $= {}_{n-1}\mathrm{II}^1$. $c'c''$ zweitoberstes, $_{n-2}$tes Glied; $c = \mathrm{II}^3$; $c' = {}_1\mathrm{III}^1$; $c'' = {}_2\mathrm{III}^1$. $d'd''$ drittoberstes, $_{n-3}$tes Glied; $d = \mathrm{II}^3$; $d'' = \mathrm{III}^1$; d' hat sich in $_1\mathrm{IV}$ und III^2 getheilt. $e'e''$, $f'f''$, g'', h'', i'', k'' sind die folgenden, $_{n-4}$ .... $_{n-9}$ten Glieder; m, m bezeichnen die Achsenzellen $= \mathrm{II}^5$; $o, o = {}_{1,1}\mathrm{III}$; $p, p = {}_{1,2}\mathrm{III}$; $p', p' = {}_{2,1}\mathrm{III}$ (vgl. pag. 132).

2. Spitze einer Frons. Dimension $AC = 0{,}018'''$. Endzelle $= 0{,}007'''$ Höhe, 0,007 Breite. α Scheidewand, durch welche sich

---

1) Pag. 9.

eben die Endzelle I^n in eine schmale untere Zelle $= {}_n II^1$ (Höhe $= 0{,}0007'''$) und in eine grosse obere Zelle $= I^{n+1}$ getheilt hat. $b = {}_{n-1}II^1$. $c = {}_{n-2}II^2$; $c' = {}_1III^1$. $d = {}_{n-3}II^2$; $d' = {}_1III^1$. $f, f = III^1$; $e = II^3$. $g = III^2$; $om = {}_1IV^1$; γ Scheidewand, durch welche sich om eben getheilt hat in $o = {}_1V$ und $m = {}_1IV^2$.

3. Hälfte eines Gliedes, nachdem die Zellenbildung aufgehört hat. mp bildet mit pa einen $\llcorner$ von 40^0. $pa = mm = 0{,}046'''$; $om = 0{,}140'''$. $ooap = {}_{1,\,1}V$, die innerste quintäre Zelle, von der gleichen Länge wie die hier fehlende Achsenzelle. $ooaam$ ist aus ${}_1IV^1$, $aabb$ aus ${}_2IV^1$, $bbcc$ aus ${}_3IV^1$, $ccdd$ aus ${}_4IV^1$, $ddee$ aus ${}_5IV^1$, $eeff$ aus ${}_6IV^1$, $ffgg$ aus ${}_7IV^1$, $gghh$ aus ${}_8IV^1$ entstanden. hhm ist III^9. $ma = {}_1IV^{11}$; $ab = {}_2IV^{10}$; $bc = {}_3IV^9$; $cd = {}_4IV^8$; $de = {}_5IV^6$; $ef = {}_6IV^5$; $fg = {}_7IV^3$; $gh = {}_8IV^2$; $hm = III^9$. — $oomm$ ist aus III^1 entstanden.

4. Rand einer Frons, nachdem die Zellenbildung aufgehört hat. Die Randzellen (IV) haben sich, wie in Fig. 3, nicht getheilt.

5. Hälfte eines Gliedes, nachdem die Zellenbildung aufgehört hat. Bezeichnung wie in Fig. 3. Einige quartäre Zellen des letzten Grades haben sich abnormal getheilt. Die an dem Rande mm liegenden Zellen sind: $hhm = III^9$; $gh = {}_8IV^2$; $fg = {}_7IV^4$; $ef = {}_6IV^5$; $de = {}_5IV^7$; $cd = {}_4IV^8$, sie hat sich durch die Wand α in $c\alpha = {}_1IV^1$ und $\alpha d = III^2$ getheilt; $bc = {}_3IV^{10}$; $ab = {}_2IV^{11}$; $maz = {}_1IV^{12}$; bc, ab und maz haben sich wie cd durch die Wand α in ${}_1IV^1$ ($m\alpha$, $a\alpha$, $b\alpha$) und in III^2 (αa, αb, αc) getheilt.

6. Randzellen einer Frons, nachdem die Zellenbildung aufgehört hat. $mnqp = IV^n$; sie erzeugte $napq = {}_1IV^1$ und $map = III^2$. Ebenso $norq$. — $mmoo' = IV^n$; sie theilte sich in $aamo = {}_1IV^1$ und $aamo' = III^2$; $aamo$ bildete $aopp = {}_1V$ und $ampp = {}_1IV^2$; $aamo'$ bildete $aabo' = {}_2IV^1$ und $mbb = III^3$.

7—11. Ideale Zeichnungen, deren Erklärung im Texte zu finden ist.