

Scheitelzellsegmentierung und Blattstellung der Laubmoose.

Von Edmund M. Merl.

(Mit 13 Figuren im Text.)

Die Vorgänge, die bei vielen Laubmoosen statt der gemäß dem Wachstum mit dreischneidiger Scheitelzelle zu erwartenden $\frac{1}{3}$ -Stellung Blattstellungen einer höheren Divergenz bedingen, sind trotz der umfangreichen bereits hierüber vorhandenen Literatur noch immer nicht genügend geklärt. Lange Zeit war die Lorentz'sche Theorie¹⁾ die herrschende, die jene Abweichungen dem eigenartigen Teilungsmodus der Scheitelzelle des Laubmoosstämmchens zuschrieb. Die jüngste von der Scheitelzelle abgetrennte Segmentwand pflegt nämlich bei den hier in Frage kommenden Moosen nicht, wie es bei der dreiseitigen Scheitelzelle höherer Kryptogamen die Regel ist, parallel zur viertletzten zu verlaufen, sondern „greift in anodischer Richtung vor“, wodurch das neue, sich zum Blatt entwickelnde Segment schon bei seiner Anlage eine asymmetrische Gestalt erhält. Correns²⁾ zeigte an der Hand von Winkelmessungen und Winkelkonstruktionen, daß dieser Umstand zur Erklärung der tatsächlich bestehenden Divergenz nicht genügt. Vielmehr macht er nachträgliche seitliche Verschiebungen der Segmente noch innerhalb der Scheitelregion, hervorgerufen durch asymmetrisches Wachstum des einzelnen Segments und die daraus resultierende Torsion für das Zustandekommen größerer Divergenzen verantwortlich. Correns hat für diesen Vorgang den Ausdruck „Scheitel-torsion“ eingeführt. In seinen Folgerungen weitergehend, spricht er die Vermutung aus, daß das Vorgreifen der Innenkante des jüngsten Segments nicht von Anfang an gegeben ist, sondern daß diese Wand ursprünglich parallel zur viertletzten angelegt wird und erst durch nachträgliches asymmetrisches Wachstum des Segments die in anodischer Richtung vorgreifende Stellung erhält. Diese Annahme fand eine Stütze an den Untersuchungen Seckt's³⁾, der tatsächlich Parallelität der erwähnten Segmentwände bei einigen Moosscheiteln zu finden glaubte und die Gültigkeit der Schwendener'schen Theorie auch für die

1) Lorentz, P. G., Moosstudien. Leipzig 1864, pag. 21.

2) Correns, C., Über Scheitelwachstum, Blattstellung und Astanlagen des Laubmoosstämmchens. Festschrift für Schwendener. Berlin 1899.

3) Seckt, H., Beiträge zur mechanischen Theorie der Blattstellungen bei Zellenpflanzen. Botan. Zentralbl., Beihefte, Bd. X (1901).

Laubmoose, die von Goebel¹⁾ abgelehnt worden war, zu beweisen suchte. Daß Seckt's Untersuchungen jedoch noch keine endgültige Erledigung der alten Streitfrage bedeuten, bemerkte bereits Giesenhagen²⁾. Goebel³⁾ erklärt im Gegensatz zu Correns und Seckt die Scheiteltorsion lediglich durch Wachstum der Sproßachse nicht durch irgendwelche hypothetischen Druckverhältnisse zwischen den Blättern untereinander oder mit der Sproßachse. Er stellt den Vorgang als analog den spirotrophen Stengeltorsionen verschiedener Monokotylen gegenüber. Bezüglich des Wachstums der Scheitelzelle⁴⁾ weist er darauf hin, daß die Annahme Seckt's jedenfalls keine allgemeine Gültigkeit haben kann, da bei manchen Moosen die Innenkante des jüngsten Segments eine Stellung einnimmt, die niemals aus einer zur viertletzten Wand parallelen hervorgegangen sein kann. Hinsichtlich weiterer, namentlich älterer Literatur sei auf die Zitate bei den genannten Autoren verwiesen.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen wird im wesentlichen sein zu prüfen, wie die jüngste Segmentwand der Scheitelzelle sich bildet und welche Schlüsse sich daraus für die Beurteilung der Frage der Scheiteltorsion ziehen lassen.

Material und Methode.

Gegen Seckt's Arbeit läßt sich hauptsächlich geltend machen, daß sie sich auf ein zu geringes Untersuchungsmaterial stützt. Es war daher mein Bestreben, bei einer möglichst großen Anzahl von Moosen verschiedener Gattungen und Familien die Scheitelzellen zu untersuchen. Bis auf einiges von Herrn Geheimrat v. Goebel gütigst zur Verfügung gestelltes Material von *Dawsonia* und einem amerikanischen *Pogonatum* wurden nur häufigere, einheimische Arten verwendet. Das Material wurde, wenn irgendmöglich, im Freien gesammelt, da bei den anormalen Bedingungen der Laboratoriumskultur — Feuchtkultur usw. — eventuelle unkontrollierbare Beeinflussungen des Scheitelwachstums nicht ausgeschlossen waren. Wo daher kultivierte Pflanzen herangezogen wurden, wird dies angegeben sein. Ferner halte ich es für wichtig, genau die Zahl der jeweils untersuchten Scheitelzellen anzugeben, da nur so sich entscheiden läßt, ob zweifellos auch vorkommende Abnormitäten oder regelmäßig auftretende Fälle vorliegen. — Die zweckmäßigste Methode

1) Goebel, K. v., *Organographie*, 1. Aufl. Jena 1898, pag. 352.

2) Giesenhagen, K., *Studien über die Zellteilung im Pflanzenreich*. Stuttgart 1905, pag. 86.

3) Goebel, K. v., *Organographie*. 2. Aufl., Jena 1913, I. Teil, pag. 207.

4) Goebel, K. v., *Organographie*, 2. Aufl., Jena 1915, II. Teil, pag. 794.

zur Bearbeitung eines größeren Materials ist die Einbettung der Objekte in Paraffin und Zerlegung in genügend dünne Serienschnitte. Die Schnittdicke meiner Präparate betrug stets 5 μ . Als Fixierungsmittel bewährte sich Juel'sche Lösung (in der schwächer alkoholischen [50%igen] Form). Nur bei Sphagnum verwandte ich schwache Flemming'sche Lösung. Um unnötiges Aufkleben allzulanger Schnittbänder zu vermeiden, empfiehlt sich Stückfärbung mit Eosin und Durchmustern der unaufgeklebten Bänder unter dem Mikroskop. Als Färbemittel gebrauchte ich Hämatoxylin nach Ehrlich mit darauffolgender Behandlung der gut differenzierten Präparate mit Lichtgrün — Nelkenöl zum Zweck der Membranfärbung.

Es folgt hier eine Übersicht über die von mir bearbeiteten Moose nach ihrer Familienzugehörigkeit geordnet.

I. Bryales: A. Acrocarpi:		Dicranaceae:	Distichium capillaceum.
			Dicranum scoparium.
			Dicranella heteromalla.
		Leucobryaceae:	Leucobryum glaucum.
		Pottiaceae:	Barbula paludosa.
		Bryaceae:	Bryum cirratum.
			Rhodobryum roseum.
		Mniaceae:	Mnium rostratum.
			„ punctatum.
			„ undulatum.
		Aulacomniaceae:	Aulacomnium palustre.
		Weberaceae:	Diphyscium sessile.
		Polytrichaceae:	Polytrichum juniperinum.
			„ strictum.
			Pogonatum sp.
			Catharinaea undulata.
		Dawsoniaceae:	Dawsonia superba.
B. Pleurocarpi:		Leucodontaceae:	Leucodon sciuroides.
		Neckeraceae:	Neckera crispa.
			„ complanata.
			Homalia trichomanoides.
		Leskeaceae:	Thuidium recognitum.
		Hypnaceae:	Hypnum molluscum.
			Scleropodium purum.
			Hylocomium splendens.
			„ triquetrum.
Sphagnales:			Sphagnum sp.

Distichium capillaceum.

Diese Art gehört nach Correns (a. a. O.) zu den wenigen zweizeilig beblätterten mit zweiseidiger Scheitelzelle wachsenden Laubmoosen. Meine an drei Stämmchen vorgenommenen Untersuchungen bestätigten die Richtigkeit der Correns'schen Angaben. Die Art schaltet also für unsere Zwecke aus.

Dicranum scoparium.

Dicranum wurde bereits von Seckt untersucht. Schimper¹⁾ gibt als Blattstellung bei zwei anderen Arten derselben Gattung $\frac{3}{8}$, bei einer dritten $\frac{5}{13}$ an. Bei meinen Querschnittpräparaten ergab sich (bei sieben Scheiteln) eine Divergenz von annähernd $\frac{4}{11}$, in zwei Fällen nach $\frac{3}{8}$ neigend. Eine absolut genaue Bestimmung war mir natürlich weder bei dieser noch einer der später angeführten Arten möglich, schon weil ein genauer Mittelpunkt des Scheitels sich nicht angeben läßt, also Bestimmung der Divergenzen durch Winkelmessungen stets mehr oder minder willkürlich beeinflußt ist, die anderen Methoden der Divergenzbestimmung aber ebenfalls nur relativ genaue Werte liefern können. Übrigens sind diese Befunde ja für die engere Frage nicht von Bedeutung.

Seckt gibt an, er habe bei *Dicranum scoparium* Parallelität zwischen jüngster und viertältester Segmentwand vorgefunden. Hier bedarf zunächst ein für allemal der Ausdruck „Parallelität“ in dieser Anwendung einer Kritik.

Er enthält die stillschweigende Voraussetzung, daß es zulässig sei, die gebogenen Linien der Segmentwände in den einzelnen Schnittbildern durch Gerade zu ersetzen. Auch Correns verwendet diese Methode, in der Annahme, daß die stets vorhandene Durchbiegung erst sekundär erfolgt sei: den Beweis hierfür hat bis jetzt noch niemand erbracht und damit wird auch besser jene auf dieser Vermutung gegründete Methode zu vermeiden sein, zumal, wie wir noch sehen werden, der eigenartige Verlauf der Wände sehr zu Ungunsten obiger Annahme spricht. Statt der Bezeichnung „parallel“ oder „nicht parallel“ soll also in diesem Zusammenhang die alte Bezeichnung „in anodischer Richtung nicht vorgreifend, bzw. vorgreifend“ gebraucht werden. — Die untersuchten Sprosse zeigten die jüngste Scheitelzellwand deutlich in anodischer Richtung vorgreifend und zwar sowohl bei den drei Fällen, wo im

1) Schimper, W. P., Recherches anatomiques et morphologiques sur les Mousses. Strasbourg 1848.

jüngsten Segment noch keine weitere Teilung vorlag, wie in den übrigen vier Fällen, die bereits Teilungen hatten. Das Vorgreifen war so klar, daß von Parallelität selbst beim Heraussuchen einer besonders günstigen Schnitthöhe nicht gesprochen werden konnte. Die Bilder wichen stark von Seckt's Figuren ab. Ein gradueller Unterschied im Vorgreifen der jüngsten Segmentwand an den verschieden alten Sprossen war nicht zu bemerken.

Dicranella heteromalla.

Die Blattstellung der drei untersuchten Exemplare betrug $\frac{3}{8}$, bei einem mit Neigung nach $\frac{2}{5}$ in den obersten Schnittlagen der Serie. Bei zwei Sprossen waren im jüngsten Segment bereits Teilungen vorhanden, beim dritten fehlten solche noch. Gleichwohl war die jüngste Segmentwand auch in diesem Falle, wie in den beiden anderen in anodischer Richtung vorgreifend.

Leucobryum glaucum.

Von den vier untersuchten Scheiteln hatten alle $\frac{3}{8}$ -Stellung. Die jüngsten Segmente waren alle bereits geteilt. Die jüngste Scheitelzellwand war anodisch vorgreifend. Von der „Parallelität“, die Seckt angibt, konnte ich nichts bemerken. Daß in diesem Falle die jüngsten Segmente schon ein längeres Wachstum seit ihrer Abtrennung von der Scheitelzelle hinter sich hatten, ist richtig. Trotzdem sind nach den oben bei Dicranum und Dicranella gemachten Erfahrungen, die durch die folgenden Untersuchungen sich bestätigten, die Resultate nicht wertlos.

Barbula paludosa.

Die Blattstellung schwankte an den sieben vorliegenden Sprossen zwischen $\frac{3}{8}$ und $\frac{4}{11}$. Die Innenkante des jüngsten Segments war in drei Fällen deutlich anodisch vorgreifend, in vier Fällen konnte man ein Vorgreifen nicht klar wahrnehmen. Dabei schien das Alter der Segmente keine Rolle zu spielen, denn zwei der nicht vorgreifenden Segmente waren bereits geteilt, eines ungeteilt, beim vierten war das Bild undeutlich. Von den vorgreifenden Segmenten waren zwei ungeteilt, das dritte geteilt.

Bryum cirratum.

Dies Moos bot im wesentlichen dasselbe Bild, wie die schon besprochenen Arten. Im ganzen gelangten 14 Sprosse zur Untersuchung. Bei sieben war das jüngste Segment noch ungeteilt, bei den übrigen

geteilt. Ich habe bisher noch nichts über die Form der das jüngste Segment von der Scheitelzelle trennenden Wand gesagt, wiewohl eigentlich Wandstellung und Wandgestalt hier kaum zu trennen sind. Bei dieser Art, die sich aus technischen Gründen besser zur Untersuchung eignete, sei dies daher an der Hand einiger Zeichnungen nachgeholt. Fig. 1 *a—g* stellt eine Reihe von Schnitten durch eine Scheitelzelle dar, deren jüngstes Segment noch einzellig ist. Wie in allen übrigen Prä-



Fig. 1 *a—g*. *Bryum cirratum*. Scheitel des Stämmchens in Serienschnitte zerlegt.

paraten von *Bryum cirratum* erscheint die jüngste Scheitelzellwand stark in anodischer Richtung vorgreifend. Verfolgen wir nun die Schnitte der Reihe nach von oben nach unten, so fällt uns zunächst auf, daß das Maß des Vorgreifens durchaus nicht gleich bleibt. Würde man etwa den Versuch machen — unter Voraussetzung der Zulässigkeit der Ersetzung gekrümmter Linien durch Gerade —, den Winkel zwischen Außen- und Innenkante des jüngsten Segments zu bestimmen, so be-

käme man beträchtlich schwankende Werte. Daraus geht klar die Unrichtigkeit der Methode hervor, das jeweils gerade am deutlichsten hervortretende Einstellungsbild bei einem Aufhellungspräparat zu vergleichenden Messungen zu benützen. Wir haben es hier eben nicht mit Ebenen, sondern mit gekrümmten, noch dazu höchst kompliziert gekrümmten Flächen zu tun und wie diese, so verhalten sich in mehr oder weniger starkem Maße alle von mir untersuchten Moose. Vergleichen wir Schnitt a mit g , so sehen wir, daß die Innenkante des jüngsten Segments in a konkav nach innen, in g dagegen konvex nach innen ist, die dazwischen liegenden Schnitte zeigen den allmählichen Übergang. Diese Erscheinung kehrt bei fast allen Moosen wieder, bei anderen Arten sogar noch schöner als hier. Ein Längsschnitt durch die Wand würde also ein S-förmiges Bild von ihr ergeben. Die Wand muß somit eine windschief gebogene Fläche sein, im oberen Teil konkav, im unteren konvex nach innen. Zu dieser Krümmungsart kommt aber hier offenbar noch eine zweite, die sich in einer scharfen Drehung des ganzen Segments äußert und am stärksten bei den jüngsten, innersten Segmenten, am schwächsten bei den ältesten, äußeren zu erkennen ist. Fig. 1 $a-g$ zeigt, wenn man versucht, die oberen Schnitte mit den unteren zur Deckung zu bringen, dies sehr deutlich.

Rhodobryum roseum.

Fünf Sproßspitzen kamen zur Untersuchung. Alle zeigten einen ähnlichen Typ wie die bisher besprochenen. Schimper (a. a. O.) gibt die Blattstellung mit $\frac{5}{13}$ an. Ich fand in zwei Fällen $\frac{5}{13}$, in zwei annähernd $\frac{3}{8}$ -Stellung. Der Scheitel ist hier sehr flach, so daß sich nur die jüngsten Segmente gut im gleichen Querschnitt verfolgen lassen. Das jüngste Segment war in allen Fällen bereits geteilt, die Innenkante in anodischer Richtung vorgreifend.

Mnium rostratum.

Hier ist zu unterscheiden zwischen den zarteren Ausläufern und den orthotropen Hauptsprossen. Bei den Hauptsprossen konnte ich zwei verschiedene Typen der Scheitelzellteilung feststellen, deren Vorkommen bei ein und demselben Moos zunächst sonderbar erscheint. Der eine ist der uns von den bisher behandelten Formen her bekannte: Die Scheitelzelle ist auf allen Schnitten dreiseitig, die Innenkante greift in anodischer Richtung vor (Fig. 2 $a-h$). Fig. 3 repräsentiert den anderen Typ. Schnitt $a-f$ folgen noch dem Schema 1. In Schnitt g dagegen springt die Innenkante des jüngsten Segments von Wand 2 auf 4 über,

wodurch die Scheitelzelle eine fünfkantige Gestalt erhält, da bei der vorhergehenden Segmentierung der Vorgang sich in gleicher Weise abspielte. Schnitt *h* zeigt noch dasselbe Bild. Bei Schnitt *i* tritt aber die Innenkante von Wand 4 wieder auf Wand 2 zurück. Die jüngste Scheitelzellwand ist also auch hier windschief und zwar ist der Krümmungsmodus derselbe wie der oben besprochene: im oberen Stück

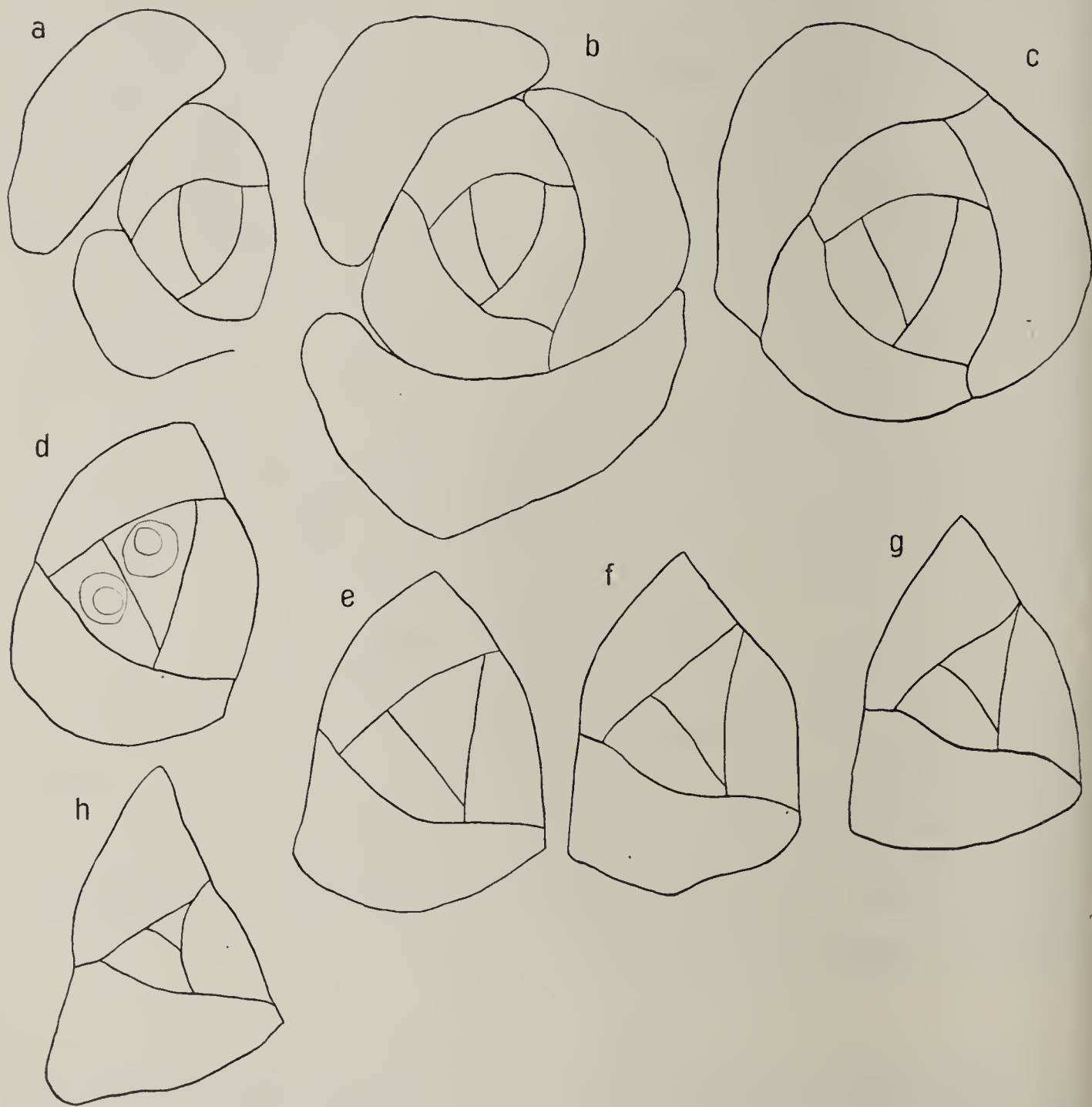


Fig. 2 *a—h*. *Mnium rostratum*. Scheitel des Stämmchens in Serienschritte zerlegt.
Typ 1.

ist die Wand nach innen konkav, im unteren nach innen konvex, nur daß die rückläufige Krümmung so stark ist, daß die Wand gar nicht mehr Wand 2 trifft, sondern Wand 4. — Auch die Drehung der ganzen inneren Segmente ließ sich beim Versuch einen der obersten Schnitte mit einem der untersten zur Deckung zu bringen erkennen, wenn sie

auch viel weniger augenfällig ist als in Fig. 1. — Daß ein solcher Verlauf der Wand niemals aus einer „parallelen“ Wandstellung hervorgegangen sein kann, ist wohl nicht weiter auszuführen. Ein ähnliches Scheitelzellbild hat zuerst Hofmeister¹⁾ von einem *Polytrichum formosum* gegeben. Da indes der Fall nur einmal erwähnt wurde, hat man ihm leider nicht die prinzipielle Bedeutung beigemessen, die ihm zukommt. Goebel (a. a. O. 1915) bringt eine Abbildung von *Catharinaea undulata* (s. unten), die dieselben Verhältnisse aufweist.

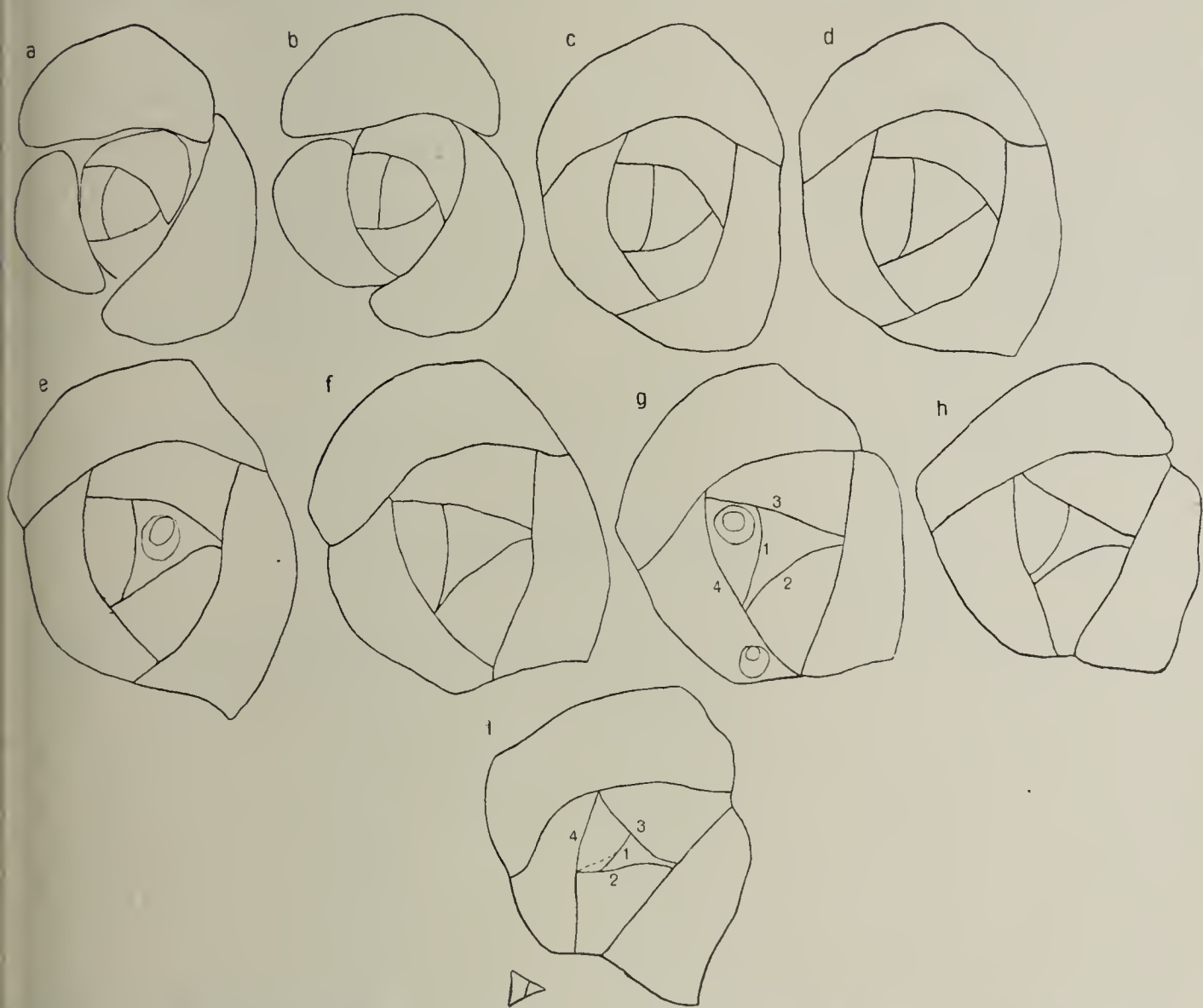


Fig. 3 a—i. *Mnium rostratum*. Scheitel des Stämmchens in Serienschritte zerlegt. Typ 2.

Es wäre nun zu untersuchen, ob das Vierkantigwerden der Scheitelzelle von irgendwelchen äußeren Faktoren abhängt, ob hier nur einzelt vorkommende Abnormitäten vorliegen oder ob sich solche Fälle auch bei anderen Moosen regelmäßig finden.

Ich habe im ganzen 16 Hauptsprossen von *Mnium rostratum* beobachtet, sämtliche Schnitte gezeichnet und habe um womöglich die

1) Hofmeister, W., Über die Zellenfolge im Achsenscheitel der Laubmoose. Bot. Ztg. 1870, pag. 461.

Scheitelzellen hinsichtlich ihres relativen Alters zwischen zwei Teilungsschritten zu vergleichen die Dreiecksseiten in der Zeichnung an der Stelle, an der die Scheitelzelle den größten Umfang besaß, gemessen. Natürlich sind derartige Messungen höchst ungenau; denn es muß dabei die gekrümmte Dreiecksseite durch eine Gerade ersetzt werden, die Wahl der betreffenden zu messenden Schnittstelle beruht auf Schätzung, im Falle von Vier- bzw. Fünfkantigkeit wurde das sehr kurze vierte Seitenstück vernachlässigt; außerdem ist noch nicht bekannt, ob das Wachstum der Scheitelzelle nach oben und nach den Seiten gleichmäßig erfolgt, es wäre denkbar, daß noch ein Wachstum nach oben stattfindet, nachdem das Wachstum in die Breite bereits aufgehört hat, und schließlich passieren alle diese Vergleiche auf der Annahme, daß das Scheitelzellwachstum zwischen zwei Teilungsschritten konstant ist, d. h. eine neue Teilung erst eintritt, wenn eine als gleichbleibend angenommene Maximalgröße erreicht ist. — Als zweites Kriterium für das Alter der Scheitelzelle habe ich, wie Seckt, das Vorhandensein bzw. Fehlen von Teilungen im jüngsten Segment benützt.

Scheitelzelle Nr.	Serien- nummer des ge- messenen Schnittes	Seitenlänge in Millimeter Vergr. zirka	Jüngstes Segment		
1	6	43 : 38 : 38	geteilt	Typ 2	Scheitelzelle in Teilung
2	5	46 : 38 : 39	„	„ 1	„ „ „
3		41 : 34 : 36	„	„ 2	
4	4	41 : 34 : 31	ungeteilt	„ 1	
5	4	36 : 31 : 29	„	„ 1	
6	4	35 : 23 : 32	„	„ 1	
7	5	35 : 27 : 29	„	„ 1	
8	5	40 : 32 : 33	„	„ 1	
9	4	39 : 28 : 32	„	„ 1	
10	6	40 : 34 : 36	„	„ 2	
11	5	35 : 35 : 34	„	„ 1	
12	4	34 : 27 : 29	„	„ 2	Scheitelzelle in Teilung
12 + 1. Segment	4	41 : 34 : 37			
13	5	43 : 31 : 39	geteilt		
14	4	44 : 32 : 36	„	„ 2	
15	6	43 : 29 : 34	ungeteilt	„ 2	
16	4	40 : 30 : 35	„	„ 2	

Aus dieser Übersicht ergibt sich, daß zwischen Größe bzw. Alter der Scheitelzelle und Übergreifen der Segmentwände keinerlei Beziehungen bestehen; auch bezüglich des Maßes des Vorgreifens in anodischer Richtung zeigt sich in dieser Reihe keinerlei Zusammenhang mit Größe bzw. Alter der Scheitelzelle, wenn auch hier aus den schon bei Bryum angeführten Gründen der Vergleich nur auf Schätzung

beruhen konnte. Fig. 4 *a—i* stellt eine bereits ältere Scheitelzelle (Segment zweigeteilt!) dar, die jedenfalls kein stärkeres anodisches Vorgreifen aufweist als die beiden in Fig. 2 und 3 abgebildeten jüngeren Scheitelzellen. — Die Häufigkeit des Vorkommens von Typ 2 lehrt, daß es sich um keine Abnormität, sondern um einen ebenso normalen Vorgang wie bei Typ 1 handelt und ich vermute, daß beide Typen auch durch Übergänge verbunden sind, denn bei anderen Moosen fand ich öfters ein Ansetzen der jüngsten Wand in der Ecke zwischen Wand 2 und 4.

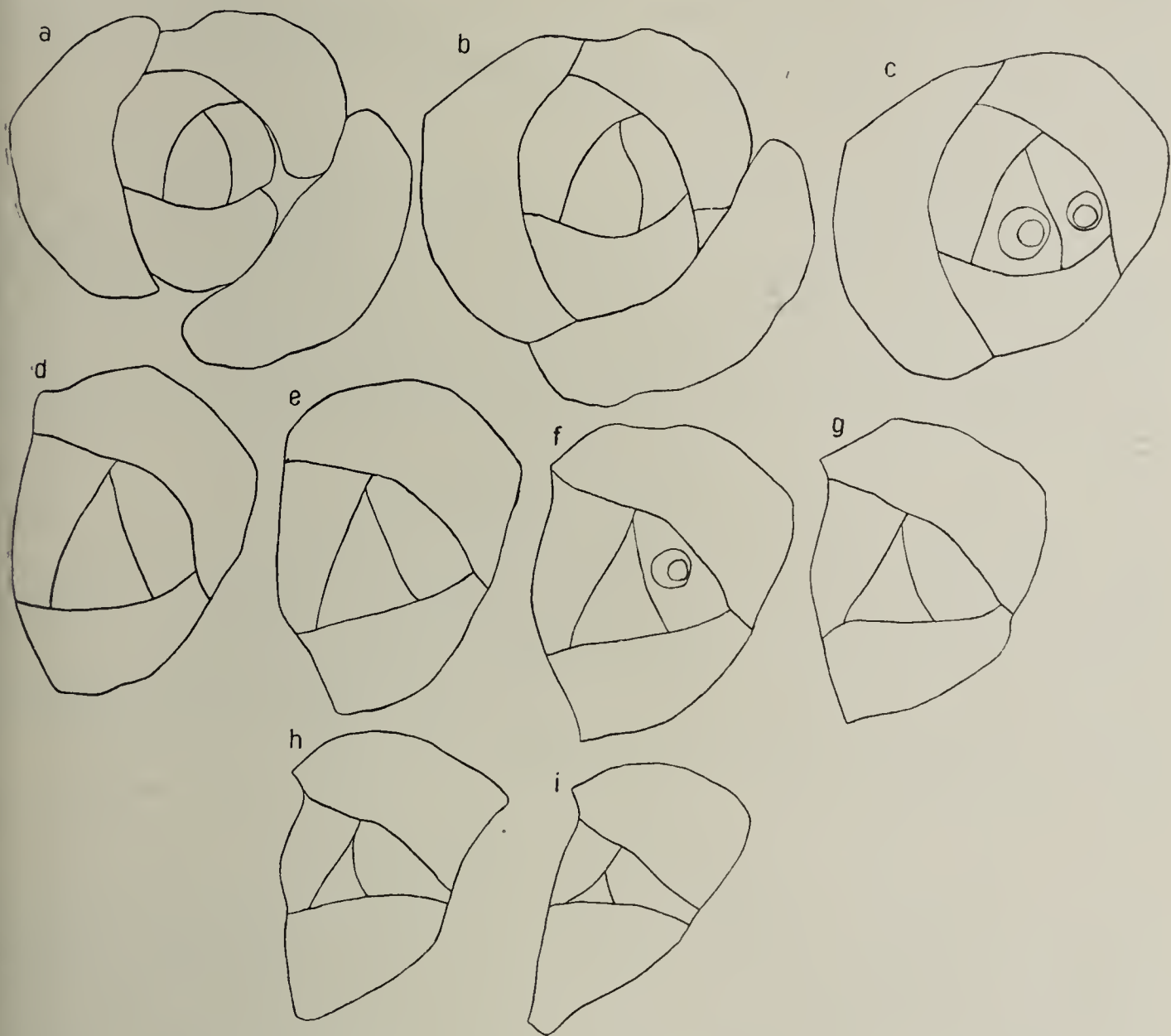


Fig. 4 *a—i*. *Mnium rostratum*. Scheitel des Stämmchens in Serienschnitte zerlegt.

Ausläufer. Es gelangten vier Sproßspitzen zur Untersuchung. Die Blattstellung schwankte zwischen $\frac{3}{8}$ und $\frac{4}{11}$. Geteilt war das jüngste Segment in einem Fall (Typ 1), sonst war es ungeteilt. Eine Scheitelzelle war nach Typ 2 geteilt. Die jüngste Segmentwand war bei allen Scheiteln in anodischer Richtung vorgreifend.

Ein von *Mnium punctatum* untersuchter Sproß (leider waren sämtliche übrigen von dieser Art eingebetteten Stämmchen im Begriff

zur Bildung von Sexualorganen überzugehen) zeigte ebenfalls eine vorgreifende jüngste Segmentwand, Teilung im jüngsten Segment, Blattstellung $\frac{3}{8}$.

Mnium undulatum.

Von vier Hauptsprossen besaßen drei noch ungeteilte jüngste Segmente. Die Blattstellung war $\frac{3}{8}$ — $\frac{4}{11}$. Die Innenkante des jüngsten Segments griff stets in anodischer Richtung vor. Herrschend war Typ 1. Typ 2 habe ich bei *Mnium undulatum* nicht beobachtet, indes mag er auch hier vorkommen. Für die „ramuli“ gibt Schimper $\frac{2}{5}$ -Stellung, im Gegensatz zur $\frac{3}{8}$ -Stellung der Hauptsprosse an. Jedoch habe ich diese Angabe nicht nachgeprüft.

Etiolierte Sprosse von *Mnium undulatum*.

Die Untersuchung der Abhängigkeit des Verlaufs der fraglichen Segmentwand von äußeren Bedingungen beschränkte sich auf einige Versuche mit stark veränderten Ernährungsbedingungen. So wurde, um womöglich Blattstellung und Scheitelzellsegmentierung zu beeinflussen, eine Kultur von *Mnium undulatum* über 2 Monate in Feuchtkultur, halb verdunkelt, gehalten. Die stark etiolierten nur mehr schuppenartigen blättchentragenden Sprosse (untersucht sieben) hatten eine Blattstellung von $\frac{4}{11}$ — $\frac{3}{8}$. Das jüngste Segment war in drei Fällen geteilt, bei den übrigen ungeteilt, seine Innenkante stets in anodischer Richtung vorgreifend. Die Scheitelzelle war nach Typ 1 gebaut. Das Etiolement hatte also in diesem Falle keine Veränderung der Scheitelzellsegmentierung zur Folge.

Aulacomnium palustre.

Das Material sammelte ich im Gewächshaus zwischen Sphagnum-polstern. Wir werden hier zwischen Tragsprossen und Brutblattträgern zu unterscheiden haben. An den Tragsprossen war die Blattstellung $\frac{5}{13}$ bzw. $\frac{7}{18}$. Das jüngste Segment war in allen Fällen ungeteilt. Die Scheitelzelle zeigt durchweg den Typ 2 und da der Schnittpunkt von Wand 1 mit 4 durchschnittlich im Verhältnis weiter von der Ecke entfernt liegt, wie bei *Mnium rostratum*, da ferner das Übergreifen der jüngsten Segmentwand von Wand 2 auf 4 schon nahe der Sproßspitze erfolgt, so erhalten wir ein ähnliches Bild, wie es (s. unten) für *Thuidium recognitum* gegeben ist. Scheitelzellen dieser Form leiten sich zwar nach ihrer Teilungsart von der dreischneidigen Scheitelzelle ab, verdienen aber ihrer Gestalt nach kaum mehr diesen Namen. Der

von Seckt abgebildete Scheitel von *Aulacomnium palustre* ist mir nur verständlich, wenn ich annehme, daß Seckt die allerhöchste Ansicht einer vielleicht noch abnormen Scheitelzelle wiedergibt.

Denn auch Brutäste, bei denen ich noch am ehesten ähnliche Bilder erwartet hätte, waren genau nach dem Schema der Hauptäste am Scheitel segmentiert. Von fünf mir vorliegenden Präparaten zeigen zwei eine Blattstellung nach $\frac{7}{18}$, zwei nach $\frac{5}{13}$, im fünften Falle war die Blattstellung unregelmäßig (möglicherweise durch ähnliche Vorgänge veranlaßt, wie bei *Aulaconium androgynum* (s. Goebel, Organogr., 1915, pag. 837).

Diphyscium sessile.

Leider war fast mein gesamtes Material in Bildung von Sexualorganen begriffen, jedoch fand sich ein Präparat, das die Verhältnisse bei der Scheitelzellteilung sehr klar zeigte. Die Blattstellung war $\frac{3}{8}$. Das jüngste Segment bestand nur aus einer Zelle. Die Scheitelzelle war fünfkantig (also Typ 2), und zwar trat das Übergreifen der Innenkante des Segments schon so nahe der Spitze ein, daß die Scheitelzelle eigentlich in keiner Schnitthöhe eine dreischneidige Form aufwies.

Polytrichum juniperinum.

Bei diesem Moos untersuchte ich teils ganz junge eben vom Protonema gebildete Pflänzchen, teils ausgetriebene Astanlagen einiger in ca. 1 mm lange Stückchen zerschnittener Stämmchen, die ich auf feuchten Torf ausgelegt hatte.

Goebel¹⁾ stellte für *Dawsonia superba* bei jungen Pflanzen $\frac{1}{3}$ -Stellung fest. Es lag nun die Annahme nahe, daß sich auch unser einheimisches *Polytrichum* ähnlich verhalte. Indes ergab sich, daß die von *Polytrichum juniperinum* aus dem Protonema gezogenen Pflanzen bereits Divergenzen höherer Ordnung hatten und daß bei allen untersuchten Scheitelzellen dieser Art die Innenkante deutlich in anodischer Richtung vorgreifend war. Und zwar zeigten von den Protonemapflänzchen fünf Scheitelzellen nach Typ 1, zwei Scheitelzellen nach Typ 2.

Der Versuch mit den Astanlagen sollte eine Veränderung der Blattstellung bzw. des Segmentierungsmodus der Scheitelzelle bezwecken, herbeigeführt durch die geringe Masse der zur Verfügung stehenden Baustoffe. Statt der erwarteten $\frac{1}{3}$ -Stellung und Scheitelzellen mit anodisch nicht vorgreifender Segmentwand fand sich bei allen (acht) Stämmchen bereits stark gedrehte Blattstellung und Scheitelzelltyp 2.

1) Goebel, K. v., Archegoniatenstudien. Flora 1906, pag. 6.

Wie *Polytrichum juniperinum* verhielt sich *Pogonatum* sp. (Massachusetts), deren jüngste Sprosse bei der Voruntersuchung eine der $\frac{1}{3}$ -Stellung nahe kommende Divergenz gezeigt hatten. Die Scheitelzelle bot auf allen Schnitten (untersucht zwei Stämmchen) das gleiche Bild, wie die letzte Art. Die jüngsten Segmente waren noch ungeteilt.

Polytrichum strictum.

Was bei diesen Moosen nicht gelungen war, fand sich unerwartet bei einigen ausgetriebenen Astanlagen unzerstückelter Stämmchen von

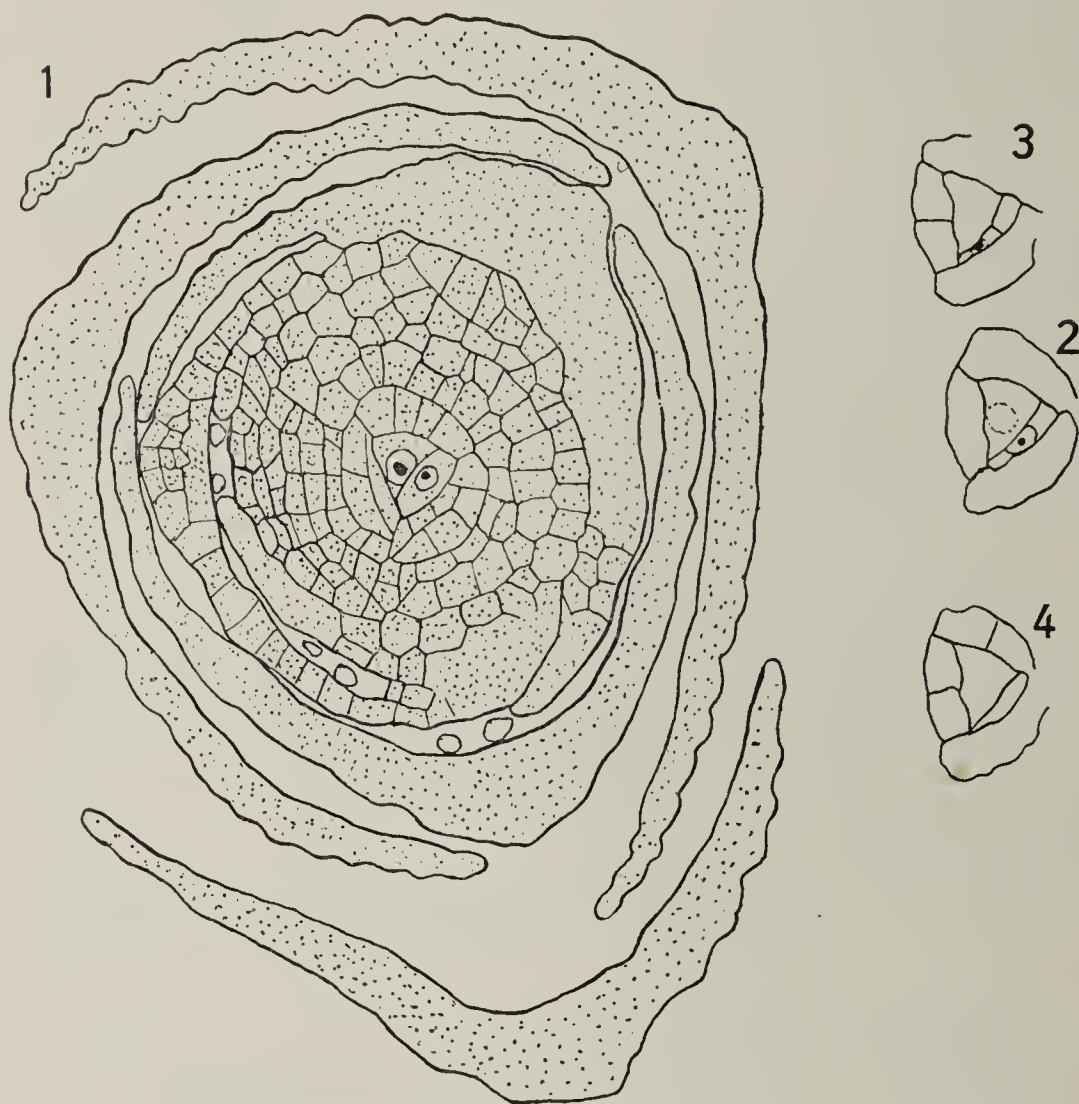


Fig. 5. *Polytrichum strictum*. 1 Scheitel quer, 2, 3, 4 Scheitelzelle auf den nächst tieferen Schnittlagen.

Polytrichum strictum. Die jungen Sprosse, von denen fünf näher untersucht wurden, waren, soweit sich ohne Schnittpräparat sehen ließ, alle nach $\frac{1}{3}$ beblättert. Die Schnitte durch den Sproßgipfel ergaben jedoch bei vier Exemplaren stets schon eine mehr oder minder gedrehte Blattstellung.

Die Scheitelzellen entsprachen dem Typ 2. Das jüngste, fünfte Stämmchen aber wies noch nahezu $\frac{1}{3}$ -Stellung und eine Scheitelzelle auf, deren jüngste Segmentwand auf den oberen Schnittlagen kaum anodisch vorgreifend angelegt war und erst in den tieferen Schnitten stärkere Asymmetrie des jüngsten Segments zeigte (Fig. 5). Allerdings ist auch hier die $\frac{1}{3}$ -Stellung nur bei den ältesten Blättern des Schnittes noch deutlich, die folgenden jüngeren zeigen bereits die beginnende Drehung. — Es scheint also bei dieser Art im Jugendzustand $\frac{1}{3}$ -Stellung, verbunden mit einer Scheitelzelle, deren jüngste Segmentwand kaum oder nur

enig vorgreift, zu herrschen. Im Laufe der Entwicklung geht jedoch dieser Zustand in den über, den wir beim älteren *Polytrichum*stämmchen zu finden pflegen.

Catharinaea undulata.

Auch hier erschien Typ 2 der herrschende zu sein. Von 18 Scheitelzellen zeigte nur eine einzige den Typ 1. Der Scheitel ist sehr flach, die freie Oberfläche der Scheitelzelle äußerst klein (vgl. Fig. 12) und wie bei *Diphyscium* ist die Scheitelzelle schon ganz nahe der Spitze fünfkantig, etwas weiter unten fünfkantig. Etwa die Hälfte aller untersuchten Scheitel hatte ungeteilte jüngste Segmente. Die Blattstellung war durchweg $\frac{3}{8}$.

Dawsonia superba.

Die Art bietet gegenüber *Catharinaea* und den vorhergehenden etwas Neues. Die Scheitelzelle (untersucht drei Stämmchen) ist kürzer und dem ganz flachen Scheitel sogar leicht eingesenkt. Sonst herrschte die Scheitelzellsegmentierung nach Typ 2. Das jüngste Segment war noch einzellig.

Noch verbreiteter als bei den *Acrocarpi* scheint das Teilungsschema 2 bei den *Pleurocarpi* zu sein.

Leucodon sciuroides.

Die Blattstellung der fünf untersuchten Pflänzchen war ungefähr 1. Das jüngste Segment war nur in einem Falle geteilt. Die Segmentierung erfolgt durchweg nach Typ 2.

Neckera crispa.

Es wurden neun Scheitelzellen untersucht. Bei allen war das jüngste Segment noch einzellig. Die Blattstellung betrug $\frac{3}{8}$. Die Art ist insofern bemerkenswert, als hier ebenso wie bei den folgenden drei Arten ein „komplanates“ Laubmoos vorliegt. Gleichwohl ist der Bau der Scheitelzelle nicht von dem bisher behandelten verschieden. Er schließt sich ungefähr dem bei *Mnium* (Typ 2) herrschenden an. Ebenso wie dort äußert sich die Fünfkantigkeit der Scheitelzelle erst in den tieferen Schnittlagen.

Neckera complanata.

Die Blattstellung schwankte bei vier Exemplaren zwischen $\frac{3}{8}$ und $\frac{4}{11}$. Bei zwei Sprossen, deren jüngstes Segment noch ungeteilt

war, war der Scheitelzellbau wie bei *Neckera crispa*, also Typ 2 (Fig. 6).

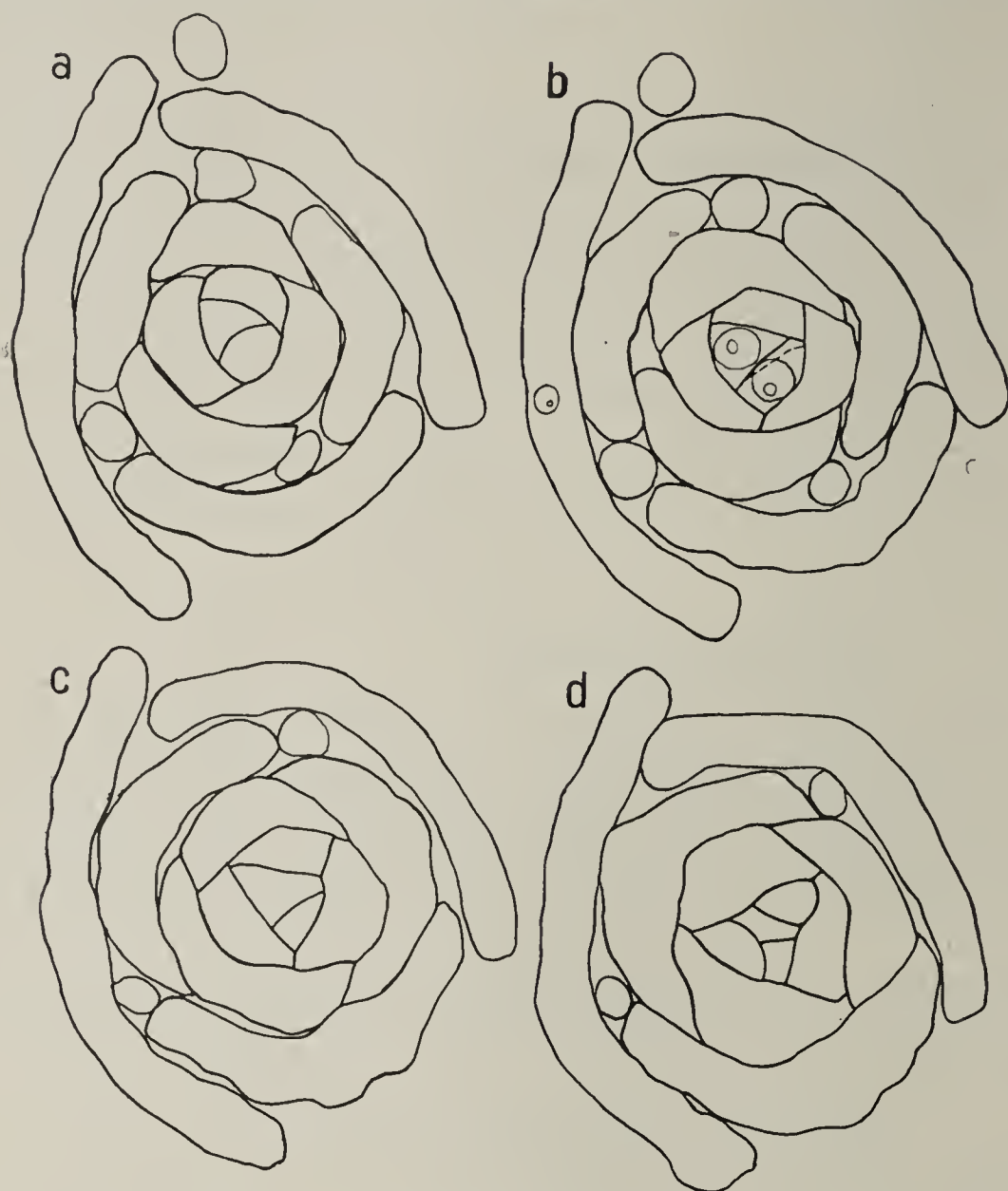


Fig. 6 a—d. *Neckera complanata*. Scheitel des Stämmchens in Serienschnitte zerlegt.

Bei zwei Sprossen — jüngstes Segment einmal einzellig, einmal zweizellig — fand ich Typ 1. Die untersuchten Stämmchen waren bedeutend dünner, im Verhältnis, als bei *Neckera crispa*; es ist möglich, daß auch dort an ganz dünnen Sprossen Typ 1 vorkommt.

Homalia trichomanoides.

Homalia trichomanoides zeigte an vier

Stämmchen $\frac{3}{8}$ -Stellung. Das jüngste Segment war in drei Fällen bereits geteilt. Bei einem Exemplar (s. Fig. 11 b) war der Segmentwandverlauf nach Typ 1, bei den übrigen nach Typ 2.

Thuidium recognitum.

Zwei Sprosse hatten $\frac{3}{8}$ -Stellung, ungeteilte jüngste Segmente und einen Scheitelzellbau entsprechend Typ 2. Fig. 7 gibt die hier herrschenden Verhältnisse wieder. Bei dieser Spezies habe ich den Versuch gemacht, aus den Serienschnitten unter Berücksichtigung der Schnittdicke und sonstigen Maße ein Modell der Scheitelzelle zu konstruieren und zwar so, daß jüngstes Segment und Scheitelzelle getrennt modelliert wurden. Fig. 8 zeigt links das Segment, rechts die Scheitelzelle. In Fig. 9 sind beide Teile zusammengesetzt, das Modell links oben führt die Rückansicht des gleichen Modells mittelst eines dahinter

aufgestellten Spiegels vor. Bei diesen Figuren ist klar die eigentümliche Krümmungsweise, sowohl der jüngsten Segmentwand, wie der älteren Scheitelzellwände zu erkennen. Natürlich kann das abgebildete

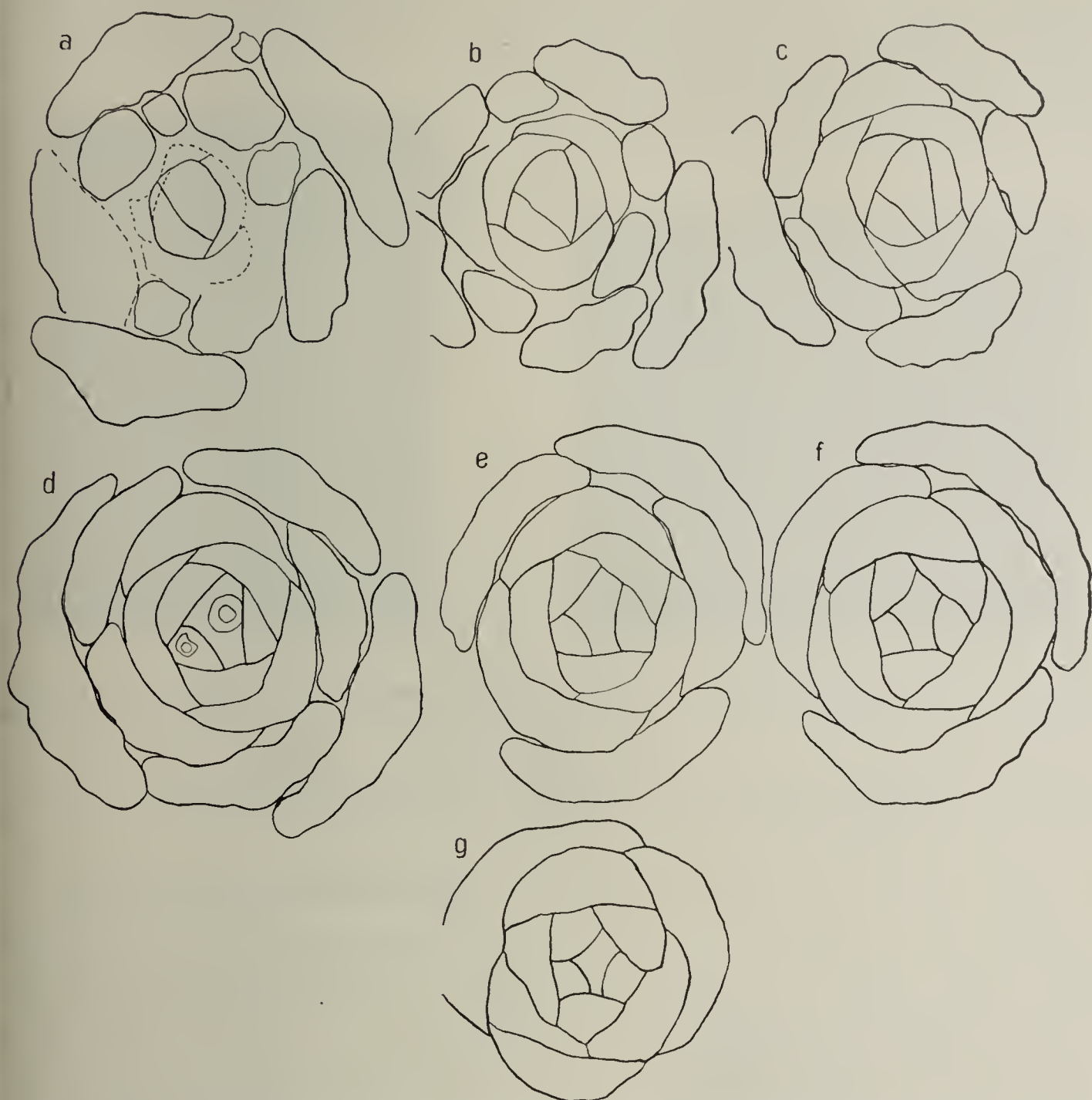


Fig. 7 a—g. *Thuidium recognitum*. Scheitel des Stämmchens in Serienschritte zerlegt.

Modell einer *Thuidium*-Scheitelzelle ebensogut zur Veranschaulichung der entsprechenden Verhältnisse bei einem anderen Moos nach Typ 2 dienen.

Hypnum molluscum.

Die Divergenz ließ sich hier nicht feststellen, da die älteren Blätter sämtlich beim Schneiden zersplittert waren. Indes konnte ich an drei Stämmchen noch feststellen, daß auch hier Scheitelzellen des Typs 2 vorkommen.

Scleropodium purum.

Ein Seitenast hatte bei einer Blattstellung von etwa $\frac{3}{8}$ noch ungeteiltes jüngstes Segment und eine Scheitelzelle nach Typ 1, die jüngste Segmentwand war anodisch vorgreifend. — Ein Hauptast wies $\frac{5}{13}$ -Stellung auf, einzelliges jüngstes Segment und Scheitelzelle nach Typ 2.

Fig. 8.



Fig. 8. *Thuidium recognitum*. Modell einer Scheitelzelle und des jüngsten Segments; links Segment, rechts Scheitelzelle. Oberer und unterer Pol wurden nicht berücksichtigt.

Fig. 9.



Fig. 9. *Thuidium recognitum*. Segment und Scheitelzelle desselben Modells zusammengesetzt; links oben Rückansicht im Spiegelbild.



Fig. 10. *Sphagnum* sp. Querschnitt durch eine Scheitelzelle.

Hylocomium splendens.

Untersucht wurden drei Stämmchen. — Die Blattstellung war bei einem als $\frac{5}{13}$ -Stellung erkenntlich. Die jüngsten Segmente waren alle noch einzellig. Zwei ziemlich dicke Sprosse zeigten Scheitelzellen vom Typ 2, die Scheitelzelle eines dünneren Astes war nach Typ 1 gebaut.

Hylocomium triquetrum.

Die Blattstellung war an zwei Sprossen $\frac{5}{13}$. Im ganzen kamen neun Scheitel zur Untersuchung. Die jüngsten Segmente waren sämtlich noch einzellig. Die Segmentierung verlief nach Schema 2.

Sphagnum sp.

Die Scheitelzellen von vier untersuchten Stämmchen zeigten alle den Typ 1. Die jüngste Segmentwand war in allen Fällen deutlich

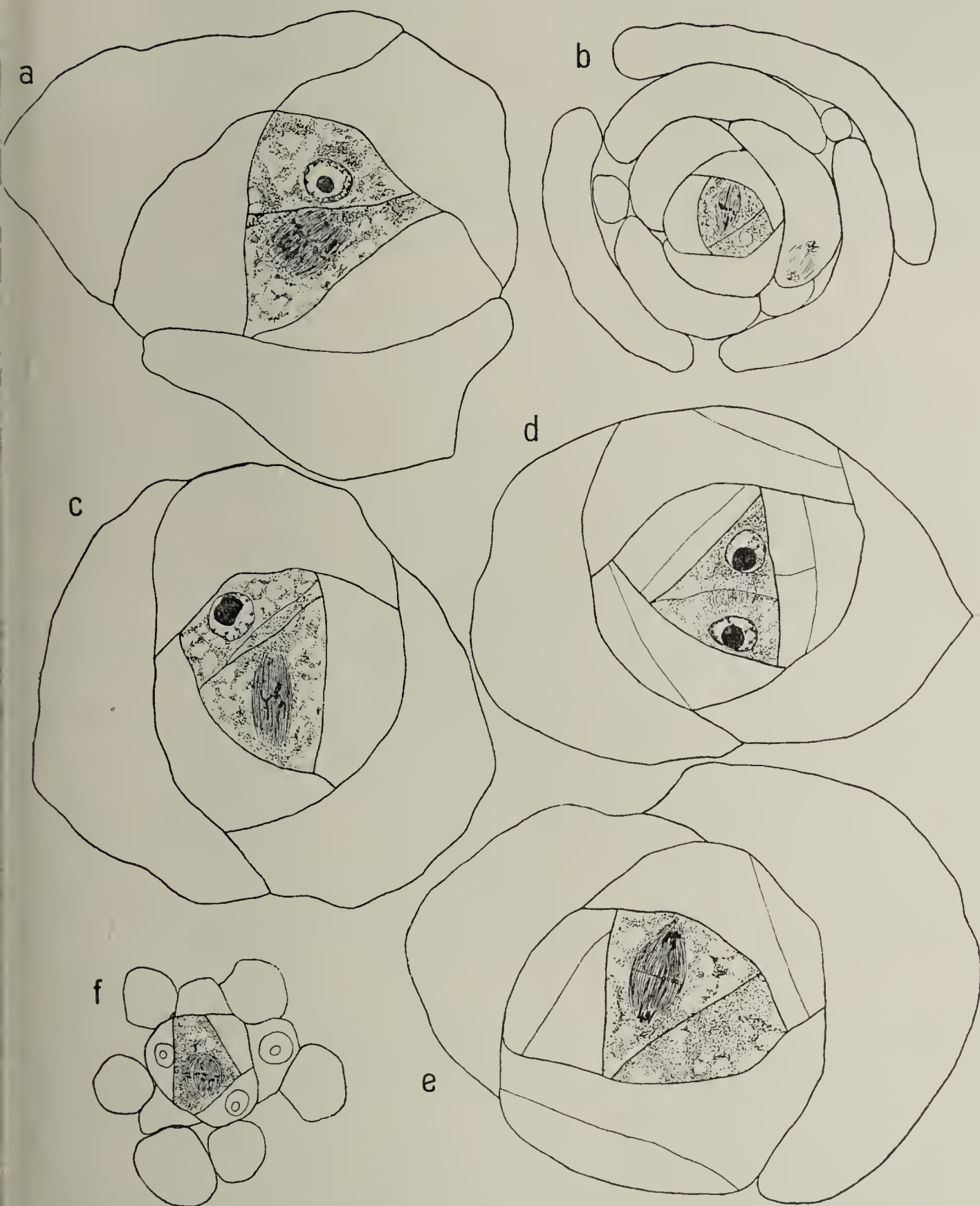


Fig. 11. Kernteilungen in Scheitelzellen. *a* *Catharinaea undulata*; *b* *Neckera complanata*; *c*, *d*, *e* *Mnium rostratum*; *f* *Aulacomnium palustre*. Brutblattträger.

in anodischer Richtung vorgreifend und zwar schien mir das Maß des selben auch nicht größer als bei anderen Arten (vgl. auch Correns, a. a. O. pag. 9). Einen Schnitt durch eine Scheitelzelle gibt Fig. 10 wieder.

Kernteilung der Scheitelzelle.

Außer durch Untersuchung eines möglichst umfangreichen Materials, das Stichproben der verschiedensten Familien enthält, können wir die Frage nach der Art und Weise der Scheitelzellsegmentierung auch zu entscheiden suchen durch die Beobachtung der Vorgänge, die sich im Anschluß an die Kernteilung in der Scheitelzelle abspielen. Leider sind nun Teilungsstadien sehr selten zu finden und nur bei Durch-

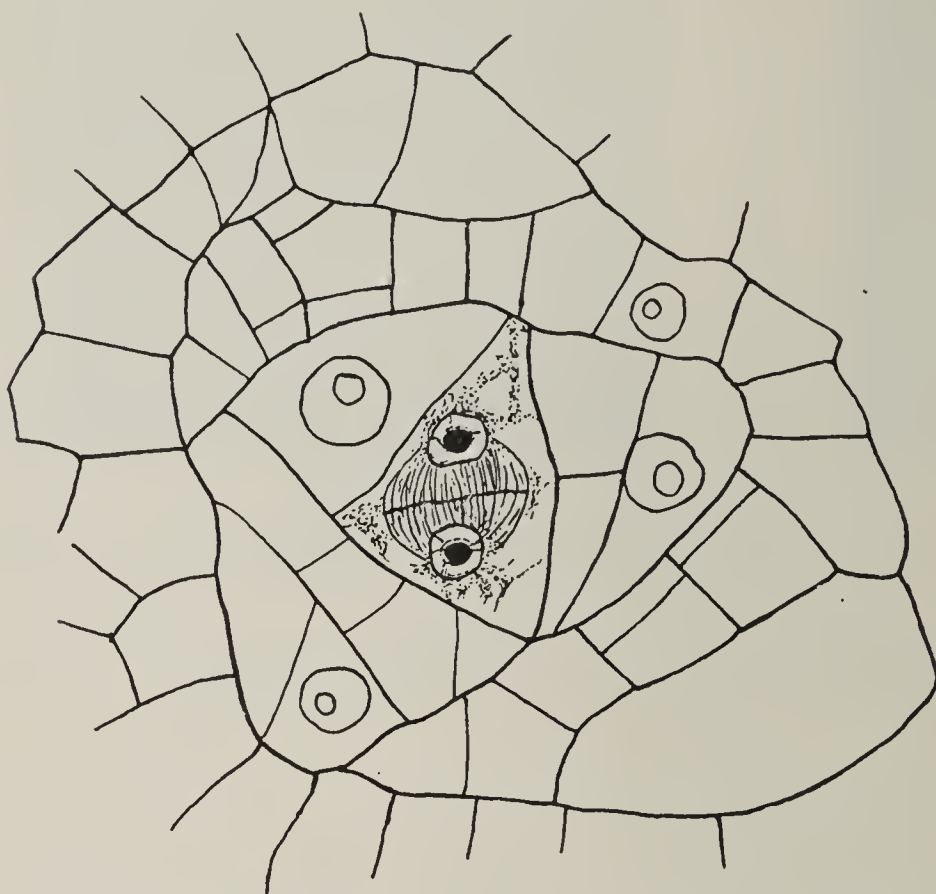


Fig. 12. Kernteilung in der Scheitelzelle von *Polytrichum juniperinum*.

arbeitung eines großen Materials ist Wahrscheinlichkeit auf solche zu stoßen. In dem ganzen von mir durchsuchten Material fanden sich acht Teilungsstadien der Scheitelzelle, alles bis auf einen Längsschnitt waren Querschnittspräparate. Wegen ihrer Seltenheit und der Bedeutung, die sie für die ganze Frage haben, gebe ich sie sämtlich an dieser Stelle wieder. Wiewohl sie nicht ein und demselben Moos angehören, dürfte die Beweiskraft doch dieselbe sein, um so mehr wir gesehen haben, wie gering in wesentlichen Punkten die

Unterschiede bei den einzelnen Gattungen und Arten sind (Fig. 11).

Von entscheidender Bedeutung sind eigentlich nur die Teleophasen Fig. 11 *d* und Fig. 12, da aus der Spindellage nicht in allen Fällen schon auf die Stellung der künftigen Zellwand geschlossen werden darf (vgl. hierüber Giesensagen, l. c. und auch Habermehl¹⁾). Es zeigt sich nun hier deutlich, daß die Zellplatte und im anderen Falle die Zellwand, deren jugendlicher Zustand noch an den Verbindungsfäden erkenntlich ist, schon bei ihrer Anlage in anodischer Richtung vor-

1) Habermehl, K., Die mechanischen Ursachen für die regelmäßige Anordnung der Teilungswände in Pflanzenzellen. Dissert. d. Kgl. techn. Hochschule, München 1909.

greifend ist. Infolgedessen dürfte es wohl keine allzu kühne Vermutung sein, anzunehmen, daß auch in den anderen jüngeren Stadien die Wandanlage so erfolgt, wie wir es nach der jeweiligen Spindellage zu erwarten haben. Dies würde in allen Fällen ein Vorgreifen in anodischer Richtung von Anfang an ergeben. Fig. 11 *e*, wo Spuren der Zellplatte bereits erkenntlich waren, zeigt vielleicht das Vorgreifen noch am wenigsten. Doch haben wir bereits gesehen, daß einerseits Ausnahmen vorkommen, andererseits das Vorgreifen in einer gewissen Schnitthöhe recht gut gleich Null sein kann, während bei anderer Einstellung es sehr deutlich erscheint. Bei Fig. 12 sei auf die leichte Asymmetrie der Spindel hingewiesen, die hier ein stärkeres Vorgreifen der Segmentwand zu bedingen scheint.

Über die Spindellage zur Horizontalen gibt Fig. 13, ein Längsschnitt von *Catharinaea undulata*, Aufschluß. Der eine Spindelpol ist etwas aufsteigend gelagert, also genau so, wie wir ihn nach der Form der Scheitelzelle zu erwarten haben, wenn wir die Lage der neuen Wand normalerweise senkrecht zur Spindelachse an-

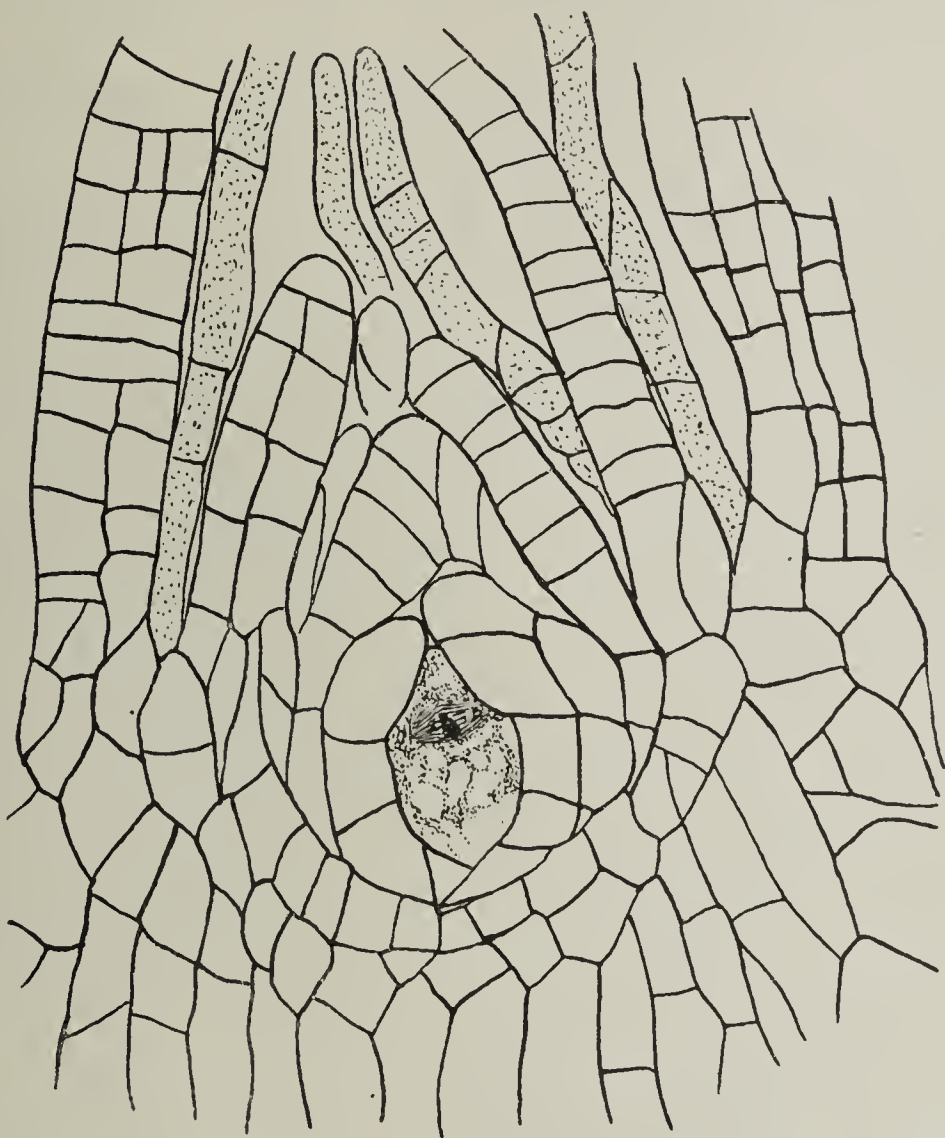


Fig. 13. *Catharinaea undulata*. Längsschnitt durch den Sproßgipfel. Scheitelzelle in Teilung.

nehmen. Auch auf den Querschnittsbildern bestätigte sich dies, indem ein scharfes Einstellen beider Spindelpole nie möglich war, sondern stets ein wenn auch minimales Bewegen der Mikrometerschraube erforderlich war. Da jedoch dies auch eine Folge etwas schiefer Schnittführung hätte sein können, so war doch noch eine Kontrolle durch den Längsschnitt erwünscht.

Während meiner ganzen Arbeit achtete ich auch auf die auffallenden Größenunterschiede, die zwischen den Scheitelzellkernen und

den übrigen somatischen Kernen zu bestehen pflegen. Erstere sind nämlich gewöhnlich bedeutend größer als letztere, so daß man die Scheitelzelle schon darnach meist leicht aus dem Zellnetz herausfinden könnte. Allerdings tritt beim jüngsten Segment dieser Unterschied oft noch zurück, da nach der ersten Teilung beide Kerne noch gleich groß erscheinen (vgl. z. B. Fig. 6 und Fig. 11 *d*). Ist tatsächlich einmal der Kern des jüngsten Segments kleiner als der der Scheitelzelle, so kann man fast sicher sein, daß sich noch ein zweiter Kern im Segment befindet und man die Teilungswand nur übersehen hat.

Zusammenfassung und Schluß.

Fassen wir die bisherigen Resultate zusammen, so ergibt sich folgendes: Die bei der Mehrzahl der untersuchten Moose herrschende Stellung der jüngsten Teilungswand der Scheitelzelle ist die in anodischer Richtung vorgreifende. Ein Nichtvorgreifen der jüngsten Segmentwand fand ich nur bei *Barbula paludosa*, und auch hier nur in einem Teil der Fälle, und bei *Fontinalis*, wo dies übrigens längst bekannt ist, so daß ich hierauf nicht näher einzugehen brauchte. Ferner scheint bei den Jugendstadien von *Polytrichum strictum* wenigstens unter gewissen Bedingungen das Vorgreifen der Segmentwand anfänglich nahezu zu fehlen, um später in die für *Polytrichum* normale Teilungsart überzugehen. Gegenüber einer solchen Fülle von Tatsachen ist die Annahme naheliegend, daß es sich in dem Falle von *Barbula* und bei den von Seckt behandelten Arten um Anomalien handelt, während im Falle von *Polytrichum strictum* mit dieser Scheitelzellform auch die anzunehmende $\frac{1}{3}$ -Stellung verknüpft ist. Das Vorkommen von Abnormitäten ergibt sich als ganz natürlich, wenn wir bedenken, daß das Maß des Vorgreifens überhaupt nicht bei einer Art konstant zu sein pflegt. Daß es nicht angängig ist, solche Schwankungen zu Gliedern ein und derselben Entwicklungsreihe anzuordnen, hat sich bei *Mnium* gezeigt, wo eine Untersuchung einer größeren Anzahl von Scheitelzellen durchaus keinen Zusammenhang zwischen Alter des jüngsten Segments und Grad des Vorgreifens ergab. Die übrigen Untersuchungen haben diesen Befund bestätigt.

Als Hauptargument gegen die Annahme Seckt's der ursprünglich „parallelen“ Anlage der Innenkante zur Außenkante des jüngsten Segments muß angeführt werden, daß bei einer großen Anzahl von Moosen die Innenkante die Außenkante sogar schneidet, was ein „Parallelsein“ von vornherein ausschließt, daß ferner diese Teilungsart

bei vielen Moosen neben dem bekannten nur etwas in anodischer Richtung vorgreifenden Wandverlauf vorkommt. Gerade der letztere Umstand zeigt, daß kein Grund vorliegt aus einem beobachteten Fall von Nichtvorgreifen eine Regel zu machen. Einen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Graden des Wandvorgreifens und der verwandtschaftlichen Stellung der Moose fand ich nicht. Ich möchte annehmen, daß da, wo beide Arten der Segmentierung vorkommen, der Typ, der ein Nichtschneiden von Innen- mit Außenkante zeigt, auf die zarteren Sprosse sich beschränkt.

Durch Beobachtung einiger Telophasen der Kernteilung der Scheitelzelle ergab sich, daß die jüngste Wand schon in anodischer Richtung vorgreifend angelegt wird.

Die Gestalt der die Scheitelzelle vom jüngsten Segment trennenden Wand ist keine ebene Fläche, sondern erscheint doppelt gekrümmt und windschief verdreht. Auf diesen Punkt hat bisher niemand sein Augenmerk gerichtet; selbst Hofmeister (a. a. O.), der wenigstens von einer doppelten Wandkrümmung spricht, schien ihm nicht die Bedeutung zuzumessen, die ihm meines Erachtens zukommt. Ist es doch gerade diese Beschaffenheit der Segmentkanten, durch die die Scheitelzelle ihre meist vorhandene eigentümlich gedrehte Gestalt erhält (s. Modell). Daß solche Wandkrümmungen bei Moosen auch anderweitig vorkommen, zeigt sich an den Querschnitten im Dunkeln gewachsener Rhizoiden.

Es wäre nun noch zu erörtern, welche Folgerungen sich aus diesen Befunden für die Erklärung des Zustandekommens der tatsächlichen Blattstellung jener Laubmoose ergeben. Zunächst ist zu betonen, daß die Wahrscheinlichkeit jener mechanistischen Erklärungen, die die Scheiteltorsion auf asymmetrisches Wachstum der einzelnen Segmente und der daraus entstehenden Blättchen zurückführen, gesunken ist. Dagegen hat die alte Annahme, daß die Blattstellung der Laubmoose schon durch die Art der Scheitelzellsegmentierung bedingt ist, wieder viel gewonnen, wenn wir annehmen, daß nicht allein das Vorgreifen in anodischer Richtung in einer beliebigen Schnittlage, sondern die ganze eigentümlich gedrehte Form der Segmente eine Rolle dabei spielen. Für das Maß der Drehung dürften wohl ähnliche treibende Faktoren vorliegen, wie beim spirotrophen Wachstum einer Pandanussproßspitze u. a. Wenn es mir nicht glückte, hierfür experimentell Belege zu erbringen, so ist zu bemerken, daß meine Versuche nur den Charakter von Stichproben hatten und bei ausgedehnteren Versuchen, namentlich mit Arten, die wie *Polytrichum strictum* oder *Dawsonia* die $\frac{1}{3}$ -Stellung noch in der Jugendform besitzen, günstiger ausgefallen wären.

Würde die Blattstellung der Laubmoose allein auf den angegebenen Erscheinungen beruhen, so wäre der Ausdruck „Scheiteltorsion“ irreführend, da ja nur das Bild einer Torsion, nicht aber die tatsächliche Torsion bestünde. Ob indes nicht doch ein den Ausschlag der Divergenz vergrößerndes ungleichmäßiges Segmentwachstum zu den Drehungserscheinungen hervorrufenden Eigentümlichkeiten der Moosscheitelzelle hinzukommt, muß dahingestellt bleiben, da ich bis jetzt keine Methode habe, die hierzu nötigen messenden Versuche anzustellen. Der Fall von *Schistostega* beweist, daß solche Verschiebungen tatsächlich vorkommen, doch dürfte es sich auch hier nur um einen sekundären Vorgang handeln, während ich ja durch die obigen Untersuchungen nachzuweisen versuchte, daß die Blattstellung durch die Teilungsvorgänge im Scheitel schon primär beeinflußt wird.

Herrn Geheimrat v. Goebel, auf dessen Anregung und in dessen Institut ich vorliegende Arbeit machte, sei an dieser Stelle für sein wohlwollendes Interesse und mannigfachen Rat bestens gedankt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [109](#)

Autor(en)/Author(s): Merl Edmund Maria

Artikel/Article: [Scheitelzellsegmentierung und Blattstellung der Laubmoose.
188-212](#)