

Biologisches Centralblatt.

Unter Mitwirkung von

Dr. K. Goebel und Dr. R. Hertwig

Professor der Botanik

Professor der Zoologie

in München,

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

Vierundzwanzig Nummern bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Die Herren Mitarbeiter werden ersucht, alle Beiträge aus dem Gesamtgebiete der Botanik an Herrn Prof. Dr. Goebel, München, Luisenstr. 27, Beiträge aus dem Gebiete der Zoologie, vergl. Anatomie und Entwicklungsgeschichte an Herrn Prof. Dr. R. Hertwig, München, alte Akademie, alle übrigen an Herrn Prof. Dr. Rosenthal, Erlangen, Physiolog. Institut, einzusenden zu wollen.

XXVI. Bd.

1. Oktober 1906.

N^o 21.

Inhalt: Steinbrink, Über Schrumpfungs- und Kohäsionsmechanismen von Pflanzen (Schluss). — Kupelwieser, Versuche über Entwicklungserregung und Membranbildung bei Seeigel-eiern durch Molluskensperma. — Höber, Zur Frage der elektiven Fähigkeiten der Resorptionsorgane. — Schulz, Neuere und neueste Schilddrüsenforschung.

Über Schrumpfungs- und Kohäsionsmechanismen von Pflanzen.

Von C. Steinbrink.

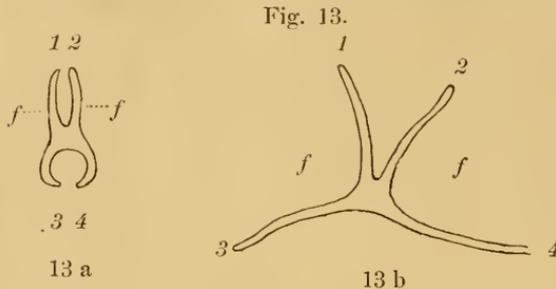
Mit 28 Abbildungen.

(Schluss.)

4. Kennzeichen der Kohäsionsmechanismen.

a) Flüssigkeitsgefüllter Zustand der Zellen. Soll man ein Urteil darüber abgeben, ob bei einem Mechanismus Membranschumpfung oder Kohäsionsverkürzung als Ursache in Betracht kommt, so wird man naturgemäß sein Augenmerk zunächst darauf richten, ob die Zellen, während sich der betreffende Vorgang in der Natur abspielt, wasserleer oder flüssigkeitsgefüllt sind. Da aber die vertrockneten Organe bei Wasserzufuhr wieder zu schwellen und dann nochmals zu schrumpfen pflegen und dieses Spiel sich oft wiederholen lässt, so wird man an zweiter Stelle auch an längst ausgetrockneten Geweben die betreffende Untersuchung anstellen dürfen, obwohl der Kohäsionszug in solchem Material manchmal nicht mehr so sicher arbeitet wie bei frischem. Die Prüfung möglichst unverletzter Gewebe liefert dabei wieder ein zuverlässigeres Resultat als die an dünnen Schnitten angestellte. So haben Schwendener und Colling aus der Beobachtung von mikroskopischen Antherenquerschnitten geschlossen, dass ihre Zellen

wasserleer und luftefüllt wären, wenn sie sich in der gewöhnlichen Weise kontrahierten. Sie haben aber nicht beachtet, dass diese starke Kontraktion nur bei dicken Schnitten eintritt, in denen zahlreiche Zellen geschlossen geblieben sind. Indem sich die angeschnittenen oberflächlichen Zellen des Schnittes beim Wasserverlust



Fritillaria imperialis, Anthere; Querschnitte. a Dicker Querschnitt, wie in der Natur geschrumpfelt. b Zarter Querschnitt, nur geschrumpft.

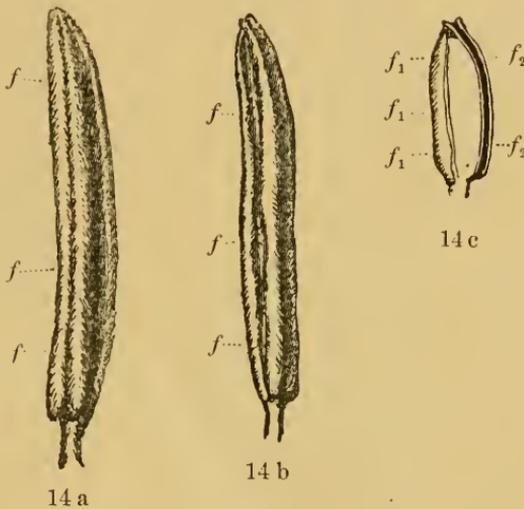
mit Luft füllen, kann es den Anschein haben, als ob das gesamte Gewebe voll Luft wäre¹⁾. Wäre dies wirklich der Fall und beruhte

1) Nachträgl. Anm. In der letzten Antherenarbeit von Colling ist mitgeteilt, dass sich unter etwa 100 von ihm untersuchten Pflanzenarten nur bei vier ein Kohäsionsmechanismus ihrer Antheren herausgestellt habe. Aus Colling's Pflanzenliste habe ich nun in den ersten Tagen dieses August nahezu 20 Arten, wie sie mir die nächste Umgebung ganz zufällig bot, herausgegriffen. Von allen diesen behauptet Colling, dass die Öffnungsbewegung ihrer Staubbeutel erst begänne, nachdem die Flüssigkeit aus den Zellen verschwunden sei. Jeder Anfänger eines botanischen Praktikums ist aber mit Leichtigkeit imstande, die Unrichtigkeit dieser Darstellung nachzuweisen. — Die von mir nachträglich geprüften Arten aus Colling's Liste sind: *Hemeroallis*, *Lilium*, *Gladiolus*, *Aconitum*, *Verbascum*, *Veronica*, *Symphytum*, *Petunia*, *Scabiosa*, *Lysimachia*, *Potentilla*, *Geranium*, *Saponaria*, *Dianthus*, *Impatiens*, *Sinapis*, *Phlox*, *Begonia*. Wenn man an sonnigen und trockenen Tagen Antheren hiervon aufsucht, deren Fächer weit klaffen und den Staub freigegeben haben, deren Klappen aber noch nicht stark verschrumpfelt sind, so braucht man ein geöffnetes Fach (mit der Innenseite nach oben gewandt) bloß in unverletztem Zustande auf dem Objektträger auszubreiten und in Flächenansicht unter dem Mikroskop zu prüfen. Benutzt man ein Deckglas, so tut man gut, die Luft zwischen dem Objekt und dem Glase vorher durch einen Tropfen Öl zu verdrängen. Man wird dann (wenn nicht etwa ein zu weit vorgeschrittenes Stadium des Wasserverlustes getroffen worden ist) das Faserzellgewebe saftgefüllt und klar vor sich liegen sehen. Bei späteren Stadien ist dieses klare Gewebe stellenweise durch Gruppen blasenhaltiger schwarzer Zellen unterbrochen, und erst bei ganz verschrumpfelten und ausgetrockneten Klappen sind die Faserzellen durchweg schwarz, d. h. blasenhaltig und wasserfrei. — Warum hat Colling solche Beobachtungen, auf die von Schrodtt und mir längst hingewiesen war, nicht selbst unternommen? Ein einziger solcher Kontrollversuch hätte ihn überzeugen müssen, dass sein auf Querschnitte gegründetes Schlussverfahren im Prinzip trügerisch und daher, wie oben im Text angegeben, ganz ohne Beweiskraft ist. Da aber Colling seine ganze Argumentation auf dieses eine einzige Beweismittel gründet und auch von den anderen oben im Text angegebenen weiteren Methoden, obwohl diese längst veröffentlicht waren, keinen Gebrauch gemacht hat, so fällt seine Beweisführung haltlos in sich zusammen.

die Austrocknungsbewegung der Antheren auf Membranschumpfung, so wäre nicht einzusehen, warum ein dünner Schnitt sich anders verhalten sollte als ein dickerer. In Fig. 13 a u. b sind nun aber zwei trockene Antherenquerschnitte der Kaiserkrone (*Fritillaria imperialis*) abgebildet, die im durchfeuchteten Zustande ganz gleich geformt und gleich groß waren. Der eine von ihnen (Fig. 13 b) hat diese Form und Größe nur wenig verändert, weil seine Zellen durch den Schnitt geöffnet waren, der andere hat sich dagegen kontrahiert wie die natürlichen Staubbeutel, weil er dicker war und noch genügend viele geschlossene Zellen enthielt.

b) Ausbleiben der Kontraktion bei Verhinderung des Kohäsionszugs. Wir haben soeben einen Fall kennen gelernt,

Fig. 14.



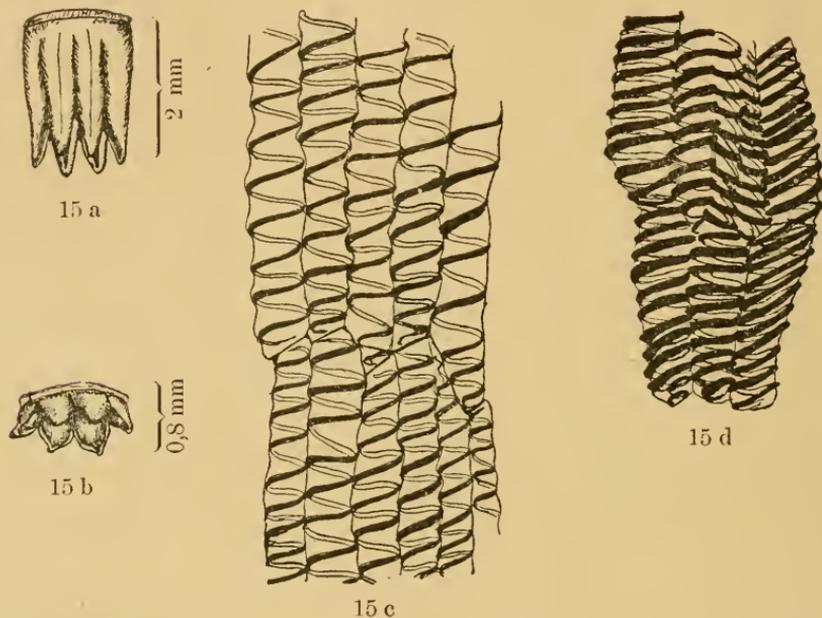
Fritillaria imperialis, Anthere. a Reif, aber noch nicht aufgesprungen. b Reif, ohne Schrumpfen aus Alkohol im Vakuum getrocknet, kaum aufgesprungen, kaum verkürzt. c Natürliche trockene geschrumpfte Anthere. (f deutet die Lage eines Staubfaches an.)

in dem wir die natürliche Kohäsionsverkürzung durch Anschneiden der Zellen hinderten. Bisweilen kann man dasselbe Resultat auf ganz anderem Wege und sogar am ganzen Organ erreichen. Fig. 14 b stellt eine reife *Fritillaria*-Anthere dar, die ohne Kohäsionswirkung ausgetrocknet und daher nur schwach verkürzt und kaum aufgesprungen ist. Zum Vergleiche ist daneben in Fig. 14 a und c dieselbe Anthere im natürlichen frischen und im gewöhnlichen Trockenzustand in ziemlich gleichem Maßstab gezeichnet. Die Buchstaben f f sollen andeuten, wo ein Staubfach zu suchen ist. Der Querschnitt in Fig. 13 wird die Orientierung erleichtern.

Das Ausbleiben der Kohäsionsverkürzung ist nun dadurch erzielt worden, dass die geschlossene, aber völlig reife Anthere längere

Zeit in möglichst wasserfreien Alkohol eingelegt und darauf im Vakuum zu raschem Austrocknen gebracht worden ist. Der Alkohol ist nämlich in der Luftleere zu rasch entwichen, als dass er einen genügend starken Kohäsionszug hätte ausüben können. Es sei übrigens bemerkt, dass die Membranschumpfung durch die Imbibition mit Alkohol durchaus nicht beeinträchtigt wird, sowie ferner, dass die Anthere der Fig. 14 b ebenfalls die Form und Größe von Fig. 14 c annimmt, wenn man sie unter der Luftpumpe mit Flüssigkeit von neuem durchtränkt und dann in freier Luft trocknen lässt.

Fig. 15.



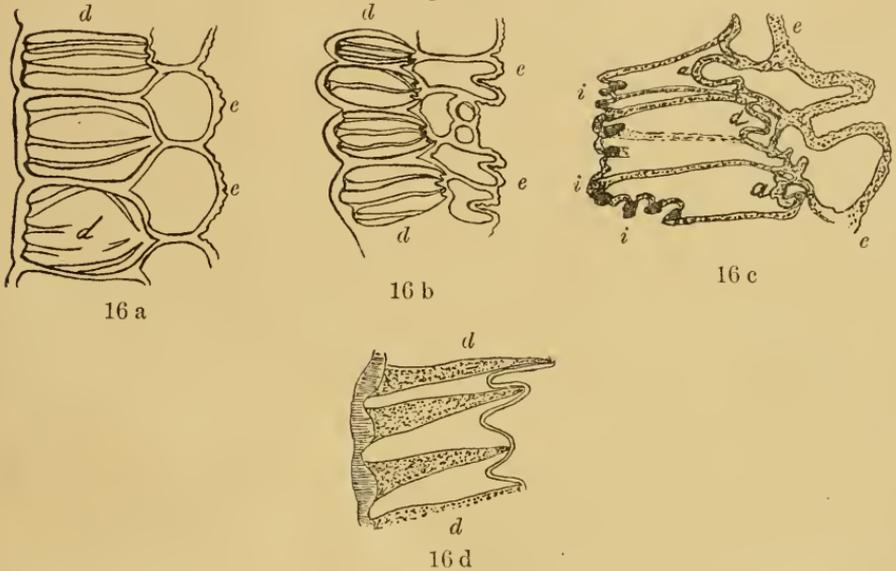
Equisetum arvense, Sporangium. a Vollreifer Sporangienstand ohne Schrumpfen ausgetrocknet. b Derselbe, mit natürlicher Schrumpfung. c Spiralzellen aus der Wandung von a, trocken, ungeschrumpft. d Spiralzellen mit natürlicher Schrumpfung.

Zur Bestätigung des Gesagten sind in Fig. 15 Sporangien vom gemeinen Schachtelhalm (*Equisetum arvense*) abgebildet. Fig. 15 b zeigt solche im natürlichen geschrumpften Zustande, in Fig. 15 a sind die Sporangien ebenfalls völlig trocken, aber nicht geschrumpft; sie waren ebenso behandelt worden wie die *Fritillaria*-Anthere der Fig. 14 b. In Fig. 15 c sehen wir ein Stückchen der Sporangienwand von 15 a; ihre Spiralzellen sind demnach trocken, aber nicht geschrumpft. Zum Vergleich ist in Fig. 15 d versucht worden, ein entsprechendes Stück aus geschrumpftem Gewebe in Flächenansicht wiederzugeben¹⁾.

1) Die Flächenansicht lässt hier die Einfaltung der dünnen Membranpartien, die auf einem Schnitt eher hervortreten würde, nicht erkennen.

e) Faltung der Zellwände. Die Membranfalten sind oft so verschlungen, dass es schwer wird, sie zu enträtseln. Zudem sind die zarten Wandpartien häufig so eng zwischen die Verdickungsleisten eingepresst, dass sie sich der Wahrnehmung leicht entziehen. So mag es kommen, dass Schwendener, Brodtmann und Hirsch bei Antheren und beim Kompositenpappus die Existenz der Falten überhaupt bestritten haben. Daher seien in Fig. 16 und 17 noch einige Bilder von Membranfaltung bei diesen Organen angefügt. In Fig. 16 a sieht man die Faserzellen *d* und die Epidermis *e* einer Lilienanthere¹⁾ quer durchschnitten und zwar noch wassergesättigt,

Fig. 16.



Antherenquerschnitte. a und b von *Lilium candidum*, a in saftigem Zustand, b geschrumpfelt. c Querschnitt durch die geschrumpfelte Anthere von *Digitalis purpurea*. d Querschnitt durch eine geschrumpfelte Antherenzelle von *Berberis vulgaris* (aus dem Kläppchen).

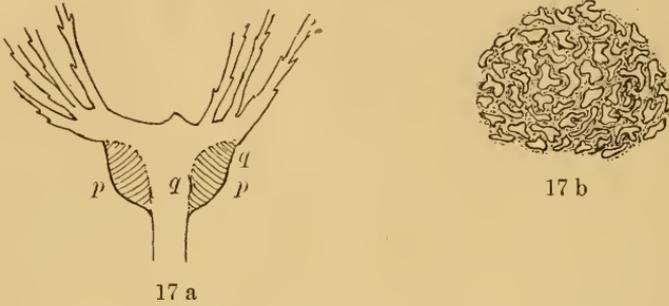
in Fig. 16 b dasselbe nach Wasserabgabe mit deutlicher Fältelung der Außenwand. Fig. 16 c gibt bei stärkerer Vergrößerung ein ähnliches Bild von der Anthere des Fingerhutes (*Digitalis purpurea*). Fig. 16 d endlich ein solches von der Berberitzenanthere.

Jeder kennt ferner die Haarschöpfe an den Früchtchen des Löwenzahns (*Taraxacum officinale*), welche dicht zusammenstehend von den Kindern als „Lichtchen“ angeblasen werden. Fig. 17 a stellt einen schematischen Längsschnitt durch die Ansatzstelle jener Haare vor; ein Ringwulst unterhalb denselben, der im Schnitt in Form der beiden Polster *p p* rechts und links erscheint, bildet das Ge-

1) *Lilium candidum*.

webe, das durch sein Schrumpfen die ursprünglich aufwärts gerichteten Haare herabzieht und strahlig ausbreitet. Derselbe Bau kehrt bei vielen anderen Kompositen wieder, so z. B. beim Wiesensbocksbart *Tragopogon pratense*. Fig. 17 b bringt einen etwa in der Richtung $q q$ von Fig. 17 a geführten Schnitt durch das geschrumpfelte

Fig. 17.



Kompositenpappus. a *Taraxacum officinale*, schematischer Längsschnitt des Pappusträgers (p Bewegungspolster, saftig). b *Tragopogon pratense*, Schnitt in der Richtung $q-q$ durch das geschrumpfelte Polster.

Polster von *Tragopogon*. Dagegen würde ein gerader Längsschnitt des Polsters von *Tragopogon*, wenn es auch geschrumpfelt ist, trotzdem keine Falten zeigen, weil seine Zellen nach der Richtung der Schraffierstriche in Fig. 17 a in die Länge gestreckt sind und fast ausschließlich Längsfalten erleiden, die erst auf dem Querschnitt hervortreten. Hirsch hat diesen Umstand übersehen.

IV. Besondere Beispiele von Schrumpfungsmechanismen.

Die hierher gehörigen Apparate lassen sich in sechs Gruppen sondern. Zu der ersten, an Zahl beschränkten, rechnen wir diejenigen, bei denen die Kontraktions- und die Widerstandszone in einer und derselben Wand einer einzigen Zelllage, z. B. in der äußeren Wandung der Außenepidermis vereinigt sind. Solche Fälle haben wir im Anschluss an die Figg. 2 und 8 schon genügend besprochen. Die zweite Gruppe umfasst diejenigen Einrichtungen, bei denen die antagonistischen Membranen die aneinanderstoßenden Wandungen benachbarter Zellen sind. Das Peristom der Laubmoose bietet hierfür zahlreiche Beispiele, von denen wir einige charakteristische und biologisch-interessante herausgreifen wollen. In die dritte Gruppe mögen diejenigen gestellt sein, bei denen die antagonistischen Membranen Wandungen derselben Zelle bilden. Auch dieser Fall ist in Anlehnung an Fig. 6 an dem Früchtchen von *Pelargonium* bereits auseinandergesetzt worden. Wir erwähnten dabei aber, dass den *Pelargonium*-Früchtchen (z. B. von Ludwig) auch ein Bohrmechanismus zugeschrieben wird, über den wir bisher hinweggegangen sind, weil er bei dem verwandten

Erodium und bei tordierenden Grasgrannen mit größerer Sicherheit beobachtet ist. An diesen soll die Bohreinrichtung daher noch zur Besprechung gelangen. — Zu den drei folgenden Gruppen zählen wir die Fälle, wo ganze Zellagen oder Zellgruppen als Antagonisten auftreten. Diese Einrichtung findet sich vielfach mit vorhergenannten verbunden. Wenn die betreffenden Zellelemente untereinander parallel bleiben (Gruppe 4), brauchen wir hier nicht weiter auf sie einzugehen. Es genügt ein Blick auf die Fig. 7 b und die noch folgende Fig. 22 b (S. 732), um diesen Fall zu übersehen. Dagegen stehen noch die Konstruktionsformen aus, wobei nicht die Schrumpfungsachsen allein, sondern auch die Richtungen der längeren Zellachsen gekreuzt sind. Infolge der Wandstruktur schrumpft ihre Fläche nämlich in der Quere gewöhnlich erheblich stärker als in der Längsrichtung. Diese Anordnung ist überaus verbreitet und darum noch besonders günstig, weil dabei nicht nur die Differenzen der Flächenschrumpfungen ausgenutzt sind, sondern auch die Radialschrumpfung (Dickensabnahme der Zellwand), die im allgemeinen die Flächenschrumpfung überwiegt, verwertet wird. Die gekreuzten Zellgruppen können dabei verschiedenen Zellagen angehören (Gruppe 5) oder Komponenten einer morphologisch einheitlichen Zellschicht, z. B. der Innenepidermis, sein (Gruppe 6). Aus beiden Gruppen soll noch ein Beispiel angeführt werden. Das letztere ist so gewählt, dass auch die Erscheinung der Hygrochasia mit in Betracht gezogen werden konnte.

1. Peristome von Laubmoosen.

a) Fig. 18 a stellt den äußeren Zahnbesatz an der Mündung des Kapselchens eines bei uns häufigen Moooses, des *Orthotrichum diaphanum*, vergrößert dar. Das Bild wird sofort an eine Nelkenkapsel (Fig. 2 S. 667) erinnern; die Zähne sind nur zahlreicher, sind aber ebenfalls nur bei Trockenheit gespreizt und neigen sich, wenn sie feucht sind, nach oben zu einer Kuppel zusammen. Die Ursache dieser Bewegungen wird nach den zu Fig. 8 gemachten Bemerkungen (S. 669) aus dem Strukturschema Fig. 18 b des Zahnlängsschnittes sofort verständlich sein. — Von zwei benachbarten Zellagen sind bei der Reife nur die beiden Nachbarwände *e* und *i* übrig geblieben. *e* ist die äußere, *i* die innere Wandlamelle; die Strichel geben, wie auch in den folgenden Figuren, die Richtungen der geringeren Schrumpfung an. Diese Strukturen zwingen ohne Zweifel dem Zahn bei dem Trocknen die Auswärtskrümmung auf, die bei der Befeuchtung rückgängig gemacht werden muss. Die Ausstreuung der Sporen wird hier offenbar dem Winde überlassen. Da die Kapsel steil aufrecht steht, können diese nicht von selbst herausfallen. Der Wind kann aber um so besser wirken, da das

Moos kein Bodenbewohner ist, sondern an Baumrinden, alten Zäunen und auf Mauern, also an erhöhten Standorten wächst.

b) Das nun folgende Moos *Ceratodon purpureus* ist ein bei uns sehr verbreiteter Erdbewohner. Wir finden an seinem Peristom einen sehr interessanten Schleudermechanismus. Werfen wir zunächst einen Blick auf den Längsschnitt, Fig. 19 b, von einem seiner Zähnchen, so finden wir, dass im größten Teile desselben (von *u* aufwärts) der Gegensatz in der Struktur der beiden Lamellen wiederkehrt; jedoch hat diesmal die innere *i* Quer- und die äußere *e*

Fig. 18.

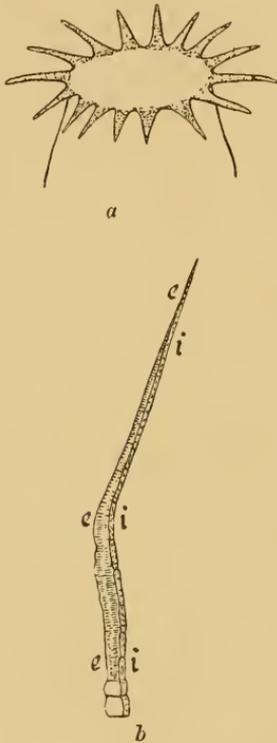


Fig. 19.

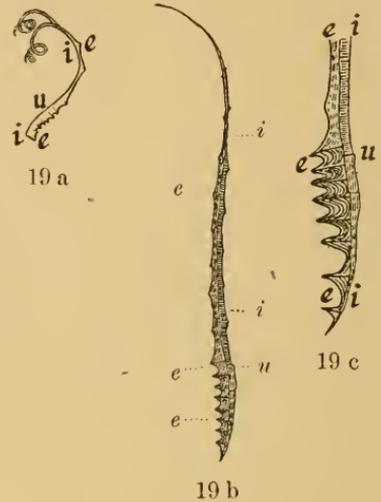


Fig. 18. *Orthotrichum diaphanum*, äußeres Peristom. a Gesamtansicht des trockenen Peristoms. b Radialer Längsschnitt eines Zahnes mit Strukturschema (*e* äußere, *i* innere Lamelle).

Fig. 19. *Ceratodon purpureus*, Peristom. a Ein trockener Doppelzahn. b Radialschnitt eines feuchten Zahnes mit Strukturschema (*e* äußere, *i* innere Lamelle). c Unterer Teil des vorigen mehr vergrößert.

Längsstruktur. Daher biegen sich die oberen Enden der Zähnchen beim Trocknen nach innen um und bilden sogar mehrfach gewundene Locken (Fig. 19 a). An dem untersten zackigen Teile des Zähnchens erkennen wir in Fig. 19 a aber eine schwache Auswärtskrümmung. In Fig. 19 c ist der Längsschnitt desselben vergrößert. Aus dieser Zeichnung wird die Ursache jener Krümmungsumkehrung sofort einleuchten. Denn unterhalb *u* kehrt sich ja auch die Struktur der Innenlamelle um, und die Struktur der äußeren Lamelle ändert sich dort ebenfalls ganz augenfällig. Sie erinnert mit dem Schema ihrer Schichtlinien lebhaft an das Bild von Fig. 4 b. Der Verlauf

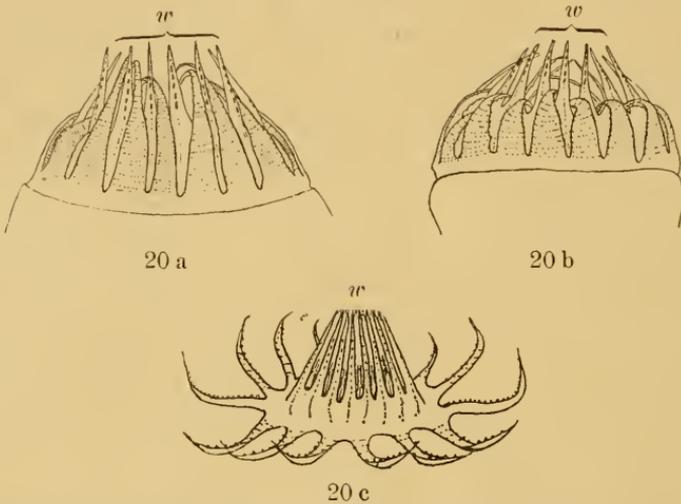
dieser Schichtlinien zieht dementsprechend eine bedeutende Erhöhung der Längsschrumpfung im Vergleich zu der im oberen Teile der Außenlamelle nach sich.

Es ist nun sehr interessant zu beobachten, was die Natur mit diesen verhältnismäßig einfachen Strukturunterschieden zu erreichen weiß. Die Mooskapsel ist bekanntlich durch einen Deckel geschlossen, der das Peristom unter sich birgt und bei der Reife erst dadurch abgestoßen wird, dass eine ringförmige Zellgruppe (der Annulus unter ihm) in Wasser stark quillt, und die Kapsel sprengt. Wir legen daher ein reifes Käpselchen von *Ceratodon* einige Stunden lang in Wasser, bringen es dann auf einen Objektträger und streifen mit einer Nadel von unten nach oben darüber, so dass der Deckel abgehoben und das Peristom freigelegt wird. Dieses besteht nun aus 32 an ihrer Basis durch Querriegel zu 16 Paaren vereinigten Zähnen. Oben weichen die Enden der Zähne jedes Paares wie Hörner seitlich auseinander. Alle vereint bilden nach dem Abstreifen des Deckels eine eiförmige Reuse, innerhalb deren wir auf unserem Objektträger einen Ballen von Sporen erblicken. Sobald die Zähne anfangen trocken zu werden, nehmen wir nun wahr, wie sich ihre Spitzen einwärts biegen und in den Sporenhaufen hineingreifen. Nach einiger Zeit macht sich auch die Austrocknung des basalen Zahnteiles bemerkbar. Die gelockten Enden werden durch sie mit den ihnen anhaftenden Sporen nach außen geführt und lassen dabei die Sporen mit abtrocknen. Nun greifen die gelockten Enden aber vielfach ineinander und hemmen dadurch manchmal die dem Austrocknungsgrade der einzelnen Zähne entsprechende Auswärtsbewegung so lange, bis ein solcher Zahn plötzlich abgleitet, elastisch zurückschnellt und dabei die anhaftenden Sporen wegschleudert. Es gewährt Überraschung, bei fortgesetzter Beobachtung des Sporenbombardements die außerordentliche Empfindlichkeit des Peristoms gegen Änderungen im Feuchtigkeitsgehalte der umgebenden Luft kennen zu lernen. Die unwillkürlichen Atemzüge des mikroskopischen Beobachters sind hinreichend, um die Oszillationen der Peristomzähne und das Abschleudern der Sporen fortwährend in Gang zu erhalten. Die schlanken Endigungen des Mundbesatzes sind von einer geradezu unruhigen Beweglichkeit. Immer wieder greifen sie von neuem in den Sporenhaufen hinein und nehmen einen Teil desselben nach außen mit. Dies geschieht aber nicht von allen gleichzeitig: Indem die einen den anderen voraus sind, stören sich ihre Bewegungen gegenseitig eine Zeit lang, bis die ineinandergreifenden elastischen Zinken aneinandervorbeigleiten. So wird in kurzer Zeit die ganze Umgebung des Käpselchens mit Sporen übersät. — Eine so große hygroskopische Empfindlichkeit wäre wohl durch einen Kohäsionsmechanismus schwer zu erreichen; in dieser Hinsicht erscheint ihm der Schrumpfungsmechanismus also überlegen.

c) Bei zahlreichen anderen Laubmoosen finden wir ferner eine Schleudereinrichtung, bei der die elastischen Gebilde, die das Abwerfen der Sporen zu besorgen haben, ganz andere sind als diejenigen, durch deren Auswärtsbewegung sie gespannt werden.

Nur die letzteren sind hygroskopischen Bewegungen unterworfen, sie bilden den äußeren Mundbesatz, die anderen (s. Fig. 20 c, b und a unter *w*) stellen einen besonderen hygroskopisch unempfindlichen Zahnkranz, den inneren Mundbesatz dar. Wie die Fig. 20 a u. b zeigen, die sich auf *Brachythecium velutinum* beziehen, greifen die äußeren Zähne sowohl im feuchten Zustande (20 a) als im ausgetrockneten (20 b) zwischen die elastischen Wimpern *w*

Fig. 20.



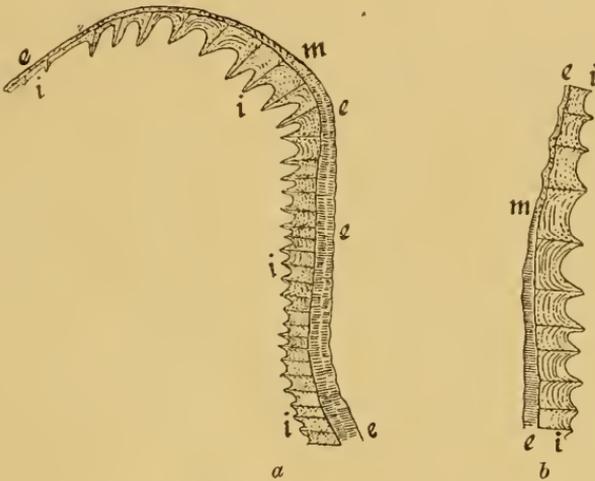
a *Brachythecium velutinum*, Peristom in feuchtem Zustande (*w* Strahlen des inneren Peristoms). b Peristom nach völligem Austrocknen. c Erstes Trockenstadium.

hinein. Es gibt aber ein erstes Stadium der Austrocknung (20 c), bei dem die Außenzähne strahlig nach außen gespreizt sind.

Stellen wir uns nun wiederum vor, was mit einem eben entdeckelten Sporenkapselchen von *Brachythecium* beim Austrocknen geschieht. Wenn die feuchte Form 20 a in die erste Trockenform 20 c übergehen soll, so müssen sich die äußeren Peristomzähne mit den anhaftenden Sporen durch die Spalten der Reuse des Wimperkranzes *w* hindurch nach außen drängen. Da aber ihre Innenseite gezackt ist (vgl. Fig. 20 b und c, sowie 21), so werden die inneren Peristomstrahlen *w* bei dieser Auswärtsbewegung vielfach mit erfasst und eine Strecke weit nach außen mitgeführt. Zugleich ist ein Teil des Sporenstaubes an ihnen abgestreift worden. Wird ihre Spannung nun zu stark, so schnellen sie zurück und dienen so als Sporenschleudern. Hat sich dieser Vorgang vollzogen, so

bewegen sich die äußeren Peristomzähne bei weiterem Austrocknen wieder zurück, schieben sich von neuem zwischen die starren Wimpern ein und krümmen ihre eigenen spitzen Enden endlich sogar noch stärker in die Kapselhöhlung hinab, als dies im feuchten Zustande der Fall war (vgl. den endgültigen Trockenzustand 20 b mit dem feuchten 20 a). Sie kommen hierdurch mit neuem Sporenstaub, der noch in der Kapsel zurückgeblieben war, in Berührung, und sind so darauf vorbereitet, beim Eintritt nasser Witterung und nachfolgender Trockne das vorige Spiel von neuem zu beginnen, wenn nicht der Wind inzwischen den Sporenrest durch die feinen Spalten der Peristomreusen allmählich hinausgeblasen hat.

Fig. 21.



Amblystegium serpens, äußeres Peristom. a Radialschnitt eines Zahnes mit Strukturschema. b Mittleres Stück des vor., mehr vergrößert.

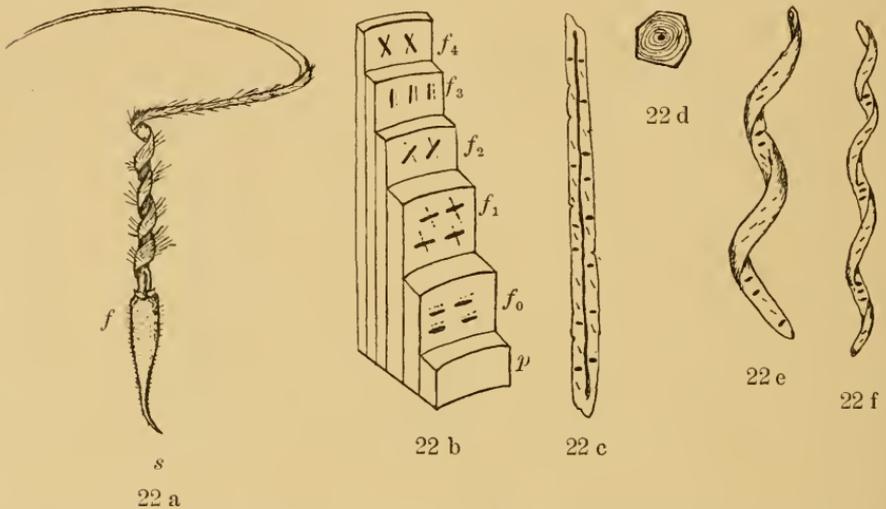
Betrachten wir uns nun das Strukturschema des Längsschnittes eines äußeren Peristomzahnes in Fig. 21 a, so fällt uns wieder der Wechsel der Struktur in der einen Lamelle und zwar der äußeren *e* an der Stelle *m* auf. Der Deutlichkeit halber ist diese Partie in Fig. 21 b etwas stärker vergrößert. Die Längsstruktur der äußeren Lamelle *e* oberhalb *m* macht es uns verständlich, warum sich die Zahnspitzen beim Austrocknen infolge der stärkeren Kontraktion der geschichteten Innenlamelle *i* (vgl. wieder Fig. 2 b) einwärts herabbiegen. Dass diese Einwärtskrümmung ziemlich spät erfolgt, ist ein Zeichen dafür, dass die Massen der Innenlamelle nicht so hygroskopisch empfindlich sind, wie z. B. die zarten Lamellen von *Ceratodon*. Wir fanden ja auch bei *Ceratodon* eine geringere Empfindlichkeit der kompakteren geschichteten Zahnbasis. So ist es also nicht zu verwundern, dass die quergestreifte Außenlamelle *e* der

unteren Hälfte der *Brachythecium*-Zähne (Fig. 21 a) hygroskopisch weit empfindlicher ist als ihre Nachbarin i^1). Darauf dürfte die auffällige Auswärtsbewegung beruhen, die zum ersten Trockenstadium 20 c führt. Erst wenn sich der Wasserverlust auch in der Innenlamelle geltend macht, kann die erste Auswärtskrümmung wieder ausgeglichen werden. Daher bewegen sich die Zähne vom zweiten Trockenstadium wieder einwärts.

2. Bohrmechanismen von *Erodium* und *Stipa*.

Die Teilfrucht von *Erodium gruinale* Fig. 22 a erinnert sehr an die von *Pelargonium* Fig. 6 a (S. 668), nur sind die Flughaare

Fig. 22.



Erodium gruinale, Teilfrucht. a Trocken gewunden. b Schema des Grannenbaues. c Feuchte Faserzellen der Zone f_1 , mit Porenlage. d Querschnitt davon. e und f trocken gewundene Faserzellen aus Zone f_1 .

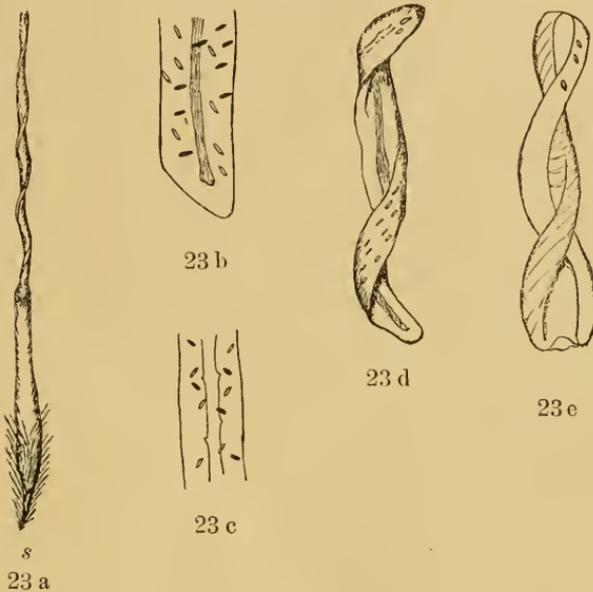
bei *Erodium* durch aufwärts gerichtete steife Borsten ersetzt. Die Zuspitzung s am unteren Ende des Fruchtfaches f findet sich ebenfalls bei beiden, wenn auch bei *Pelargonium* weit schwächer ausgeprägt, desgleichen die steifen aufrechten Borsten, mit denen die Fachwandung besetzt ist. Wollte man diese gemeinsamen Eigentümlichkeiten allein auf die nahe Verwandtschaft der beiden Gattungen schieben, so würde man beim Anblick der nächsten Fig. 23 a stutzig werden, denn das Grasfrüchtchen von *Stipa* zeigt ganz dieselbe Einrichtung. In der Tat ist festgestellt, dass sie bei *Erodium* und *Stipa* dem Einbohren der Samen in den Boden dient. Die Spitze erleichtert das Eindringen; die Haarborsten stemmen sich nach-

1) Man ist versucht, sich vorzustellen, dass die Querstruktur von e eine raschere Wasserzufuhr von außen gestattet als die kompliziertere von i .

dem der Same durch die Windung der Granne eingebohrt ist, gegen die höher gelegenen Erdteilchen und verhindern, dass der Same wieder herausgezogen wird, wenn sich die Schraube beim Witterungswechsel zurückdreht.

In demselben Sinne wirken die Borsten, mit denen bei *Erodium* die Granne selbst besetzt ist. Nun kann aber das Einbohren nur zustande kommen, wenn sich das oberste einfach gebogene Grannenende gegen den Boden stemmt. (Auch bei *Stipa* ist ein solches untordiertes, einfach gebogenes Ende vorhanden, wegen der großen Grannenlänge aber von uns nicht gezeichnet.) Hat dieses Grannen-

Fig. 23.



Stipa capillata. a Grasfrucht mit einem kleinen Stück der tordierten Granne. b und e Flächenansichten von Fasern der Granne mit Angabe der Porenlage. d und e Isolierte Faser nach dem Austrocknen. d Gewunden wegen Porenlage b. e Tordiert wegen Porenlage c.

ende aber einmal einen genügenden Halt gefunden, so muss auch das vorher erwähnte Zurückdrehen der Granne beim Wechsel der Witterung dazu beitragen, den Samen tiefer in den Boden einzutreiben, da sich die Granne ja bei der Befeuchtung (beim Entrollen) strecken muss. Unsere pflanzliche Bohrvorrichtung ist somit in dieser Beziehung vollkommener eingerichtet als die Schraubenbohrer aus menschlichen Werkstätten.

Ich hoffe nun, dass die Figg. 22 und 23 über das Zustandekommen der Bohrbewegungen raschen Aufschluss gewähren. Fig. 22 b ist ja der Fig. 7 b (S. 669) ganz analog. Epidermis und Parenchym (Lage p in 22 b) sind aber bei *Erodium* unwirksam. Das aktive

Gewebe besteht nur aus Fasern (s. Längs- und Querschnitt einer solchen aus der Zone f_2 in 22 c und d). Unsere Faserlagen f_1 , f_2 und f_3 entsprechen den gleichbezeichneten Zonen in Fig. 7 b. Den letzteren finden wir hier aber noch zwei Zonen, f_0 und f_4 , hinzugefügt. Die eine f_0 mit Querporen verstärkt offenbar die Längskontraktion der Konkavseite; die andere f_4 mit „rechtsläufigen“ schiefen Poren, die beim Trocknen für sich allein einer Rechtswindung unterliegt (im Gegensatz zu der Linkswindung der ganzen Granne), soll den Widerstand der Konvexseite erhöhen. Durch die Steigerung der Gegensätze wird nämlich auch die Intensität des Windungsbestrebens vermehrt. — Die Fig. 22 e und f stellen ein Paar Fasern aus der Zone f_2 , mit der Porenlage der Fig. 22 c (vgl. Schema Fig. 2 a) dar, nachdem sie durch Austrocknen in isoliertem Zustande einige Linkswindungen erfahren haben.

Die Granne von *Stipa* ist nicht wie die von *Erodium* gewunden, sondern in sich tordiert (s. Fig. 23 a). Einen Hauptbestandteil ihres Gewebes bilden daher Zellfasern, deren Struktur an das Schema Fig. 3 a erinnert (vgl. die Längsansicht eines Abschnittes einer solchen Faser in Fig. 23 c und beachte die eingezeichnete Porenlage). Eine isolierte solche Faser, die durch den Wasserverlust tordiert worden ist, findet sich in Fig. 23 e dargestellt. Andere dieser fibrösen Elemente sind mehr nach dem Schema Fig. 2 a gebaut und daher wie die der Fig. 23 d nach dem Austrocknen gewunden. Fig. 23 b zeigt die Porenlage einer solchen. Wie schon S. 665 erwähnt, finden sich in den tordierten Organen noch vielfache Übergangsformen zwischen 23 c und d. Wie diese Formen aber alle harmonisch zusammenwirken und wie sie im einzelnen innerhalb der Granne angeordnet sind, um sich gegenseitig zu unterstützen, kann hier nicht ausführlicher auseinandergesetzt werden. (Vgl. darüber Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1888, S. 393 ff.)

3. Der Schleudermechanismus von Papilionaceenhülsen.

Drückt man auf die Nähte einer reifen Erbsenhülse, so dass diese platzen, so werden oft unversehens einzelne Samen daraus mehrer Meter weit weggesprengt. Bei vielen Hülsen ist dies nun eine natürliche, mit dem selbständigen Aufspringen verbundene Erscheinung. Beim Austrocknen sucht sich nämlich jede der zu einer Hülse vereinigten Schwesterklappen, ähnlich wie die in Fig. 24 a gezeichnete Klappe einer wilden Linse, schraubig einzurollen. Dieser Formänderung widerstehen aber die festen Nähte ziemlich lange. Die Spannungen müssen erst einen hohen Grad erreichen, ehe die Nähte reißen. Ist ihr Zusammenhang aber endlich überwunden, so vollzieht sich die Drehung der Klappen um so rascher und intensiver. Befindet man sich in der Nähe eines Ginstergebüsches

zur Reifezeit der Hülsen bei hellem Sonnenschein, etwa um die Mittagszeit, so kann man das Krachen der gesprengten Hülsen und das Anprallen der ausgeworfenen Samen nicht selten sehr deutlich hören.

Diese Austrocknungsbewegung beruht auf dem Antagonismus zweier voneinander durch Parenchym getrennter Gewebslagen, deren Elemente schief zur Längsachse der Hülse gestreckt und rechtwinkelig gekreuzt sind. In Fig. 24 b ist versucht, die Lage derselben durch Striche anzudeuten. Die punktierten Linien $e-e$ geben die Richtung der Außenepidermiszellen an, die übrigens sehr beträchtlich verdickt sind. Die ausgezogenen Linien $f-f$ dagegen fallen in die Längsachse der Faserzellen, aus welchen das innere dynamische Gewebe gebildet ist. Die Schrumpfkongtraktion ist in jeder der beiden Gewebezonen senkrecht zu den ihr zukommenden Linien der Fig. 24 b am stärksten, längs derselben am geringsten. Diese stärkere Kontraktion bewirkt nun seitens der

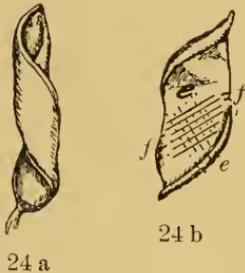


Fig. 24.

Ervum hirsutum, Hülsenklappe.

a Im natürlichen Trocken-
zustande. b Nach dem Ab-
lösen der Außenepidermis
und des Parenchyms bei
erneutem Austrocknen noch
schwach gewunden.

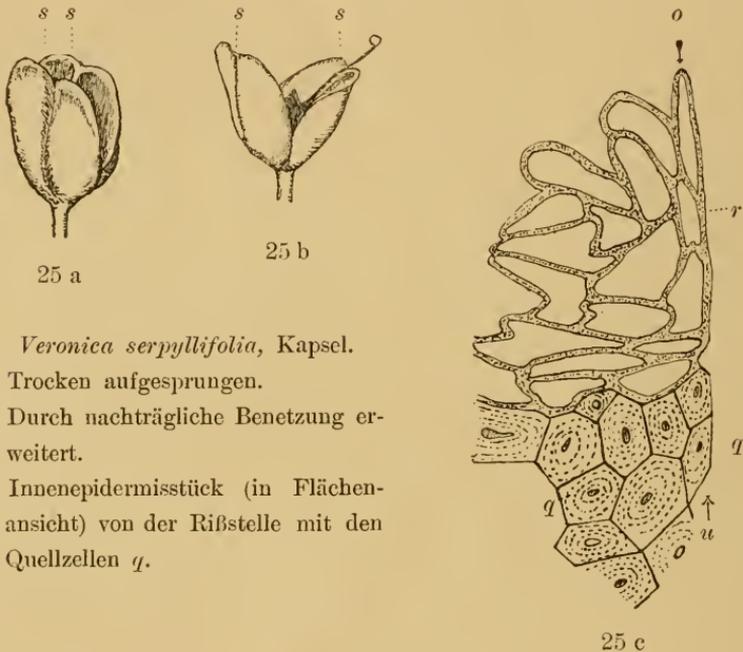
Faserschicht das schiefe Einrollen jeder Klappe. Dieses wird aber begünstigt durch das entgegengesetzte Krümmungsstreben, das von der stärkeren Kontraktion der Epidermis ausgeht. Denn durch diese wird die ursprüngliche Konvexwölbung der Außenseite der Hülsenklappen abgeflacht; der flache Streifen lässt sich aber leichter einrollen als der gekrümmte.

Übrigens ist auch hier durch die Darlegung des Gegensatzes zwischen Epidermis und Faserschicht der Mechanismus durchaus noch nicht erschöpft. Die Faserzone ist nämlich nicht einheitlich gebaut, vielmehr krümmt sie sich infolge ihrer Strukturverschiedenheiten, auf die wir nicht näher eingehen können, selbständig im Sinne der ganzen Klappe. Fig. 24 b stellt die von dem übrigen Gewebe befreite Faserschicht einer Klappe nach dem Austrocknen dar. Ihre Krümmung ist aber, wie man sieht, durchaus nicht so extensiv und auch nicht so energisch, wie dies in der Natur im Interesse des Schleudervorganges durch den Verband von Epidermis und Fasergewebe erreicht wird.

4. Xerochasia und nachträgliche Hygrochasia bei *Veronica serpyllifolia*.

Die Kapseln von verschiedenen Unkräutern unsere Äcker bewohnenden Ehrenpreisarten springen zwar, wie das Fig. 25 a von *Veronica serpyllifolia* zeigt, beim Trocknen in einer schmalen Spalte auf, erweitern diese aber erst bei nachfolgender Benetzung (Fig. 25 b). Beide Erscheinungen beruhen auf dem Bau der Innenepidermis. In Fig. 25 c ist ein Stück von der Innenepidermis der Kapselscheidewand stärker vergrößert gezeichnet, und zwar von der Stelle, wo diese mitten durchreißt und wo die Quellzellen q , welche die Form

Fig. 25.



Veronica serpyllifolia, Kapsel.

- a Trocken aufgesprungen.
- b Durch nachträgliche Benetzung erweitert.
- c Innenepidermisstück (in Flächenansicht) von der Rißstelle mit den Quellzellen q .

25 a in 25 b überführen, an die übrigen anstoßen. — Das Öffnen der Kapseln beim Austrocknen wird größtenteils dadurch bewirkt, dass die Scheidewandränder $s-s$ in Fig. 25 a und b, die ursprünglich durch die Randzellen r in Fig. 25 c zusammenhängen, konvex zu werden streben und infolge dieser Konvexität nach dem Riss oben auseinanderweichen. erinnert man sich der früher (S. 726) angeführten hygrokopischen Eigenschaften der Zellwände bei den meisten gestreckten Zellen, so wird die Ursache dieser Krümmung aus der Fig. 25 c bald einleuchten. Die Randzellen r sind ja in der Richtung $u-o$ (von unten nach oben an der aufrechten Kapsel) verlängert, die seitlich von ihnen gelegenen Innenepidermiszellen dagegen mehr und mehr quergestreckt. Daher kontrahieren sich

die letzteren beim Wasserverlust in der Richtung $u-o$ mehr als die Randzellen und veranlassen so die Konvexität. — Die Wandsubstanz der massig verdickten Quellzellen q , die den unteren Teil der Scheidewand einnehmen, nimmt bei Wasseraufnahme in sehr hohem Maße an Volumen zu. Wie hierdurch die beiden Klappen weiter auseinander gedrängt werden, bedarf wohl keiner fernerer Erörterung. Die eigenartige Ausbildung der Quellzellen lässt zwar vermuten, dass diese Pflanzen von der nachträglichen hygrochastischen Bewegung einen gewissen Vorteil haben. Das Nähere hierüber ist jedoch noch nicht ganz aufgeklärt.

V. Weitere Beispiele von Kohäsionsmechanismen.

Unter den Schrumpfungsmechanismen haben wir bereits mehrere verschiedenartige Schleudervorrichtungen für Samen und Sporen kennen gelernt und dabei erfahren, mit welcher Meisterschaft die Natur das einfache Mittel der gekreuzten Schrumpfungssachsen zu handhaben und wie sie diese Einrichtung zu variieren versteht. Von Schleuderapparaten der Kohäsionsmechanismen haben wir dagegen bisher nur den der Farnsporangien besprochen, bei dem das Auswerfen der Sporen mit dem Riss der Zellflüssigkeit zusammenhängt. Wir finden aber in den Makrosporangien von *Selaginella* auch einen Apparat von genialer Einfachheit vor, der das Wegsprengen der Sporen besorgt, schon ehe die Kohäsion unterbrochen wird. Auf diesen möchte ich noch im folgenden näher eingehen. Da wir uns aber bisher fast ganz ausschließlich mit Fortpflanzungsorganen beschäftigt haben, so soll zum Schluss außerdem noch eine Kohäsionseinrichtung besprochen werden, durch die das vegetative Leben der betreffenden Pflanzen bedingt ist, nämlich der Saugmechanismus von Blatthaaren wurzelloser Gewächse¹⁾, durch den ihrem Chlorophyllapparat die nötige Zufuhr von Wasser und Nährsalzen vermittelt wird. Es sind dies fels- und baumbewohnende Bromeliaceen.

1. Schleudereinrichtung der Makrosporangien von *Selaginella*.

Ein Makrosporangium von *Selaginella* enthält nur vier kugelige Sporen. In Fig. 26, die ein noch nicht lange aufgesprungenes Sporangium darstellt, sind die vier Sporen deutlich sichtbar und zwar liegen regelmäßig zwei von ihnen nebeneinander in dem unteren, von den Rissen nicht durchsetzten Teile des Behälters, der, anfangs ziemlich gerundet, jetzt eine kahnförmige Gestalt angenommen hat, während die beiden anderen einander gegenüber in je einer

1) Sind Wurzeln vorhanden, so dienen sie nur zur Befestigung an die Unterlage, nicht zur Ernährung.

Vertiefung der oberen Wandteile der Kapsel ruhen, die sich als Klappen voneinander getrennt haben und weit gespreizt sind. Ihr Herausfallen wird dadurch verhindert, dass sie mit ihrer Unterlage schwach verklebt sind. — In dem Zustande der Fig. 26 bleibt nun das Sporangium trotz des ferneren Wasserverlustes ziemlich lange anscheinend in Ruhe. Hat man es lose auf einem Objektträger liegen, so springt es dann aber plötzlich zentimeterweit weg und schleudert zugleich meist die vier Sporen auf einmal ab. Untersucht man nunmehr sofort seine Gestalt, so fällt sehr augenfällig auf, dass am „Kahn“ die oberen Ränder und die soeben noch gewölbt gewesenen Seitenwände, zwischen denen vorher die unteren Sporen eingeklemmt waren, gerade gestreckt und flach geworden sind und nun enggepresst aneinander liegen. Durch Kontrollversuche lässt sich dartun, dass es das Streben nach eben dieser Formänderung gewesen ist, was die Sporen weggesprengt hat. Sie sind nämlich durch einen auf ihre unteren Hälften ausgeübten, stetig wachsenden

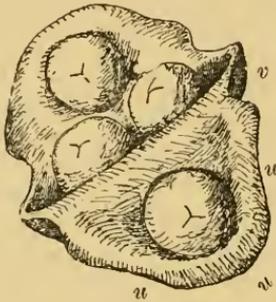


Fig. 26.

Selaginella, Makrosporangium.

Durch Wasserverlust weit geöffnet, zum Abschleudern der Sporen bereit.

Druck ebenso „abgeschnippt“ oder „weggeknipst“ worden wie ein Kirschkern, der zwischen zwei Fingern gepresst war. Die beiden oberen Klappen haben dagegen beim Abschleudern der Sporen ihre Form nicht wesentlich geändert. Das Wegsprengen der ihnen eingebetteten Sporen kommt daher nicht durch eine aktive Bewegung der Klappen, sondern lediglich dadurch zustande, dass diese, sobald die unteren Sporen abgeschossen sind, ebenso wie die Kahnwände, einer sehr schnellen Bewegung gegeneinander unterliegen, die beim Zusammenprallen der Kahnwände plötzlich gehemmt wird. Nach dem Gesetze der Trägheit setzen die ihnen nur locker ansitzenden oberen Sporen ihre Bewegung mit unverminderter Geschwindigkeit fort und werden somit nach entgegengesetzten Seiten abgeworfen.

Wird nach dem Schleudervorgang das ganze Organ unter dem Mikroskop untersucht, so ist leicht festzustellen, dass seine Zellen auch jetzt noch durchweg mit Zellsaft gefüllt sind. Es liegt hier also unzweifelhaft ein Kohäsionsmechanismus vor. Damit steht im Einklang, dass Goebel in diesen Zellen bei Beginn des Öffnens noch Protoplasma und Chlorophyllkörner gefunden hat und sie

hiernach in diesem Zeitpunkt noch für lebendig hält. Durch Membranschrumpfung, wie Schwendener meint, kann also das Aufspringen des Sporangiums keinesfalls verursacht sein. Die durch den Kohäsionszug hervorgebrachten Bewegungen setzen sich in den Sporangienwänden sogar noch geraume Zeit nach dem Abschnellen der Sporen weiter fort. Namentlich wenn man den „Kahn“ ebenfalls zertrennt hat, unterliegen die einzelnen Hälften des Behälters noch außerordentlich starken, feineren Deformationen, ehe im Saft ihrer Zellen der Riss eintritt. Ist dieser Zeitpunkt erreicht, so springen die auf dem Objektträger liegenden Sporangienstücke auf neue zentimeterhoch und weit und ihre Verkrümmungen sind plötzlich verschwunden. Die Austrocknung ihrer Membranen, die nunmehr erst erfolgt, bringt dagegen keine wesentlichen Formveränderungen mehr hervor; jede Sporangienhälfte ist danach nur stärker abgeflacht als im Leben. Fig. 27 gibt das Bild einer solchen und zwar der vorderen Hälfte von Fig. 26 wieder. Man erkennt, wie sowohl der Knick bei *v*, als auch die Umstülpung der oberen Ränder bei *u* wieder verschwunden sind. Fig. 27 (Kopie einer Abbildung Goebel's) bringt zugleich das Zellennetz dieser Klappe zur Anschauung. Wir benutzen sie, um uns darüber zu unterrichten, in welcher einfacher Weise die Natur den besprochenen Schleudermechanismus konstruiert hat.

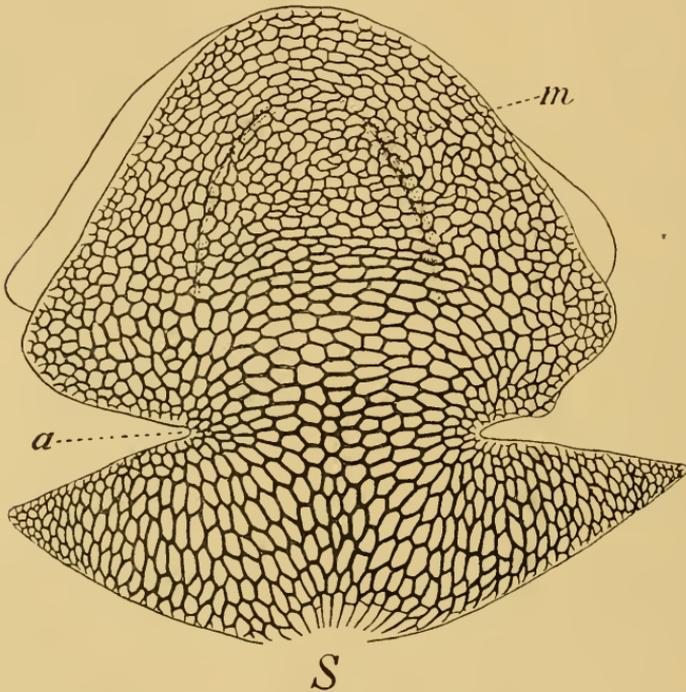
Um dies zu verstehen, müssen wir uns zunächst vor Augen halten, dass auch bei sämtlichen in Betracht kommenden Zellen des *Selaginella*-Sporangiums, wie bei dem Annulus der Farne (vgl. Fig. 11) die Außenwand zart, die übrigen Wände dagegen kräftig verdickt sind; dass diese Zellen ferner nur eine einzige Lage bilden und dass sie größtenteils nach irgendeiner Richtung, wenn auch nur mäßig gestreckt sind. Man kann sich ein Bild von einer Einzelzelle machen, wenn man in einem Schutzkarton eines Buches die offene Seite mit Papier überspannt denkt. Dieses Papier stellt dann die dünne Außenhaut einer solchen Zelle, die fünf Pappewände die verdickte Membran derselben dar. Nimmt man aber einen solchen Schutzkarton in die Hand, so wird man finden, dass schon ein leichter Druck auf die breiten Seitenwände genügt, um diese einander zu nähern, dass es dagegen schon einer erheblichen Anstrengung bedarf, um die schmalen Seitenwände gegeneinander zu drängen. (Im ersteren Falle unterliegt das Papier über der freien Seite des Pappkartons einer Längsfaltung; im zweiten würden sich Querfalten bilden müssen.) Daraus ergibt sich aber ein klarer Schluss auf das Verhalten unserer *Selaginella*-Zellen beim Kohäsionszuge des schwindenden Saftes oder Wassers¹⁾. Die gestreckten

1) Die beschriebenen Formveränderungen können auch am toten Organ beliebig oft wieder hervorgerufen werden.

Zellen werden durchweg einer Längsfaltung unterliegen; die lokalen Krümmungen ihres gesamten Gewebes werden dadurch bedingt sein, dass sich die Außenränder der beiden Seitenwände, die in Fig. 27 durch die längsten Linien einer jeden Zellumrandung dargestellt sind, einander nähern.

Richtet man nunmehr den Blick auf Goebel's Zellennetz in Fig. 27 und zwar zunächst auf den unteren zweizipfeligen Abschnitt desselben, der einer Seitenwand des „Kahns“ in Fig. 26 angehört, so wird man sofort verstehen, woher der Druck rührt, den die

Fig. 27.



Selaginella, Makrosporangium. Zellnetz einer Klappe. Kopie nach Goebel.

Wände dieses Kahns auf die zwischen ihnen liegenden beiden Sporen ausüben. Denn da die Zellen des Kahns fast alle nach aufwärts gestreckt sind, so muss eine isolierte Seitenwand des Kahns unter dem Kohäsionszuge einer intensiven Querkrümmung nach außen (in Fig. 27 auf den Beschauer zu) unterliegen. Da aber beide Kahnwände in der Natur fest miteinander verbunden bleiben, so sind zwar ihre entgegengesetzt gerichteten Querkrümmungen unterdrückt; um so mehr wird aber der Kohäsionszug in ihnen dahin wirken, die außen konvexen Kahnwände mindestens flach zu strecken. Die Reibung der Sporen an der Innenwand des

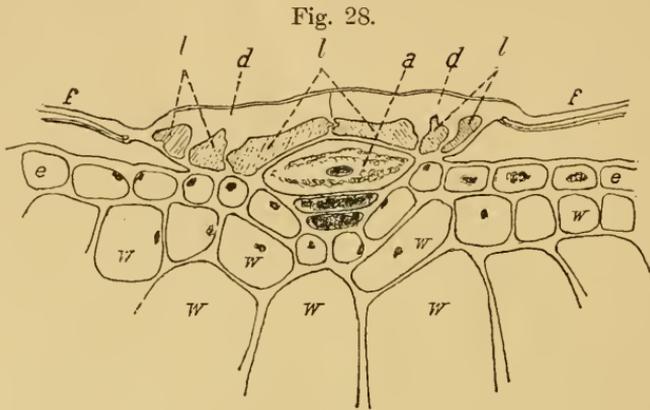
Kahns verhindert aber eine Zeit lang den Ausgleich dieser Spannung, bis diese so stark angewachsen ist, um sie trotz der Reibung wegzuschleppen.

Wenden wir unser Augenmerk in Fig. 27 nunmehr auf den über dem Kahn gelegenen mittleren Teil der eigentlichen „Klappe“, so werden wir dort ein ziemlich scharf abgegrenztes Gewebe finden, dessen Zellen nicht mehr wie die des Kahnes nach oben, sondern in die Quere gestreckt sind. Hielten wir in unserer Figur den unteren Teil (den Kahnabschnitt) fest, so müsste der Kohäsionszug in den ebenerwähnten Querzellen es bewirken, dass sich der obere Teil der Klappe wie um eine Querangel auf uns zu bewegte. Hierdurch erklärt sich somit die starke Knickung der unteren Klappe der Fig. 26 bei *v* sehr einfach. (In der oberen Klappe ist an jener Stelle nur eine geringe Zahl von Querzellen vorhanden, daher ist sie dort viel schwächer gebogen.) — In Fig. 27 befindet sich oberhalb der Querzellen bei *m* ein zarteres Gewebe, dem die Spore angelagert ist. Durchmustert man nun den ganzen Randteil der Klappe, der diesen Bezirk *m* und die Region der Querzellen umgibt, so wird man finden, dass in ihm die Längsachsen der Zellen größtenteils parallel dem äußeren Klappenrande streichen. Diese Zellen bewirken also beim Schrumpfen eine Umstülpung des Klappenrandes nach außen (bei *u* der Fig. 26), die sich ähnlich vollzieht, als wenn jemand, der den Rockkragen der Kälte wegen hochgeschlagen hatte, diesen wieder zurückklappt. Auch die obere Klappe zeigt, übrigens (Fig. 26) diesen umgelegten Rand. So erscheint in Fig. 26 jede Spore der Klappe zum Wurf bereit in eine Art Schleudertasche eingebettet. Durch das Umkrepeln der Klappenränder, sowie durch die Knicke der Klappen in der Gegend von *v* ist zudem die Wurfbahn für die Sporen möglichst frei gemacht. Das Ganze ist aber durch die rationelle Anordnung der schrumpfenden Zellen erzielt worden.

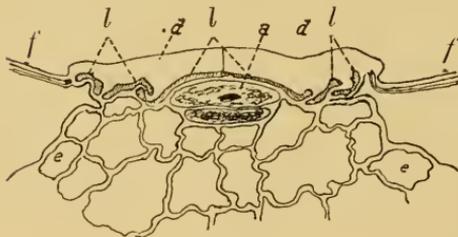
2. Der Saugmechanismus der Schuppenhaare von *Tillandsia*-Blättern.

Auf S. 675 ist im Anschluss an Fig. 12 davon die Rede gewesen, dass lebende Blätter von Moosen die Elastizität der Membranen ihrer Assimilationszellen benutzen, um bei Benetzung rasch Wasser aus der Umgebung aufzunehmen. A. F. W. Schimper hat nun darauf aufmerksam gemacht, dass es epiphytische Bromeliaceen gibt, deren Wurzeln, wenn vorhanden, nur als Haftorgane dienen und deren Wasseraufnahme auf der Vermittlung eigentümlicher Haargebilde beruht, mit denen ihre Blätter besetzt sind. In Fig. 28 a ist ein Längsschnitt durch die Mitte eines solchen Haares von *Tillandsia Gardneri* samt dem anstoßenden lebenden Blattgewebe gezeichnet. Unter einer gemeinsamen, stark verdickten

Außenmembran *d d* sehen wir die Lumina *l* von sechs Haarzellen. Diesen entsprechen in der Flächenansicht der Haarschuppe drei kreis- oder gürtelförmige Gruppen von Zellen, die zusammen die Scheibe des Saughaares bilden. An diese schließen sich nach außen in langer Erstreckung die Zellen *f* des Flügelrandes, die einen ausgedehnten Kapillarraum zwischen ihnen und der Blattepidermis *e* überdecken. Unter der Haarscheibe fallen einige der Blattzellen durch ihren reichen Protoplasmagehalt und ihre Größe oder Form



28 a



28 b

Tillandsia Gardneri, Saughaar, Längsschnitte. a Zellen wasserreich. b Zellen wasserärmer. — *l* Lumina der Scheibenzellen; *d* Außenmembran davon; *f* Flügel des Haares; *w* Wassergewebe; *a* Leitzellen.

auf (s. Zelle *a* und die zwei darunterliegenden). Sie sind offenbar dazu bestimmt, das von dem Haare aufgenommene Wasser dem Wassergewebe *w w* zuzuführen, das dieses dem tiefer gelegenen Assimilationsgewebe weitergibt.

Wird den wassergefüllten Lumina *l* der Scheibenzellen durch die Nachbarzellen des Blattes Wasser entzogen, so schrumpfen sie trotz des Widerstandes ihrer Membranen, wie Fig. 28 b erkennen lässt, ebenso wie die Zellen des Wassergewebes ein. Dauert die Dürre sehr lange, so verschwinden ihre Lumina zwischen den Membranfalten fast vollständig. Dabei muss aber selbstverständlich

auch die dicke Außenmembran um so stärkere Verbiegungen erleiden, je mehr die Deformation ihrer Zellen fortschreitet. Fällt nun Regen, so wird in den Raum zwischen dem lebenden Blattgewebe und den Haarflügeln *f* sehr schnell Wasser eingesaugt und den Scheibenzellen zugeleitet. Wie Mez gefunden hat, sind aber auf der Unterseite der äußeren Scheibenzellen in der sonst durchweg kutikularisierter Membran kutinfreie Durchlaßstellen, durch die das Wasser rasch hindurehtritt, um den Saugapparat unter dem elastischen Zuge seiner Membranen, und von dort aus auch das Wasser- und Assimilationsgewebe wieder prall zu füllen. So führen diese Pflanzen eine Lebensweise etwa wie unsere Moose und Flechten.

Literaturübersicht.

- Ascherson, Hygrochasia und zwei neue Fälle dieser Erscheinung. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 1892, S. 94.
- Beck von Mannagetta, Untersuchungen über den Öffnungsmechanismus der Porenkapseln. Verhandl. d. Zool. Bot. Ges. Wien 1885.
- Brodtmann, Funkt. der mechan. Elem. beim Farnsporang. u. d. Anthere. Dissert. Erlangen 1898.
- Colling, Bewegungsgewebe der Angiospermenstaubbeutel. Diss. Berlin 1905.
- Dihm, Unters. über d. Annulus der Laubmoose. Flora 1894, Ergzgsbd. S. 286.
- Eichholz, Untersuchungen über den Mechanismus einiger zur Verbreitung von Samen und Früchten dienender Bewegungserscheinungen. Diss. Berlin 1885.
- Goebel, Archegoniatenstudien 1. über d. Laubmooskapsel, Flora 1895, Bd. 80, S. 1 u. 459.
- 2. über die Sporangien von *Selaginella*, Flora 1901, Bd. 88, S. 207.
- Hedlund (schwedisch), Bau der schuppenförmigen Haare von Bromeliaceen. Referat im Bot. Centralbl. 1902, Bd. 89, S. 149.
- Hirsch, Bewegungsmechanismus des Kompositenpappus. Diss. Berlin 1901.
- Kamerling, 1. Zur Biologie u. Physiol. der Zellmembran. Bot. Centralbl. 1897, Bd. 72, S. 49 u. 85.
- 2. Oberflächenspannung u. Kohäsion. Bot. Centralbl. 1898, Bd. 73.
- 3. Bewegungsmechanismus der Lebermooselateren. Flora 1898, Bd. 85, S. 157.
- Kronfeld, Verbreitungsmittel der Kompositenfrüchte. Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1885.
- Leclerc du Sablon, 1. Recherches sur la déhiscence des fruits à péricarpe sec. Annal. des sc. nat. 1884, 6. Sér., T. 18.
- 2. Recherches sur la structure et la déhiscence des anthères. Ann. des sc. nat. 1885. 7. Sér., T. 1, S. 97.
- 3. Recherches sur la dissémination des spores des Cryptogames vasculaires. Ann. d. sc. nat. 7. Sér., T. 2, Nr. 1.
- Ludwig, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen. Stuttgart 1895.
- Mac Leod, *Veronica arvensis* en *V. serpyllifolia*. Bot. Jaarboek, Dodonaea Gent 1889, S. 91.
- Mez, Physiol. Bromeliaceenstudien. Jahrb. f. wissensch. Bot. 1904, Bd. 40, S. 157.
- Dorothea Pertz, On the dispersal of the nutlets in certain Labiates. Natur. Science, Oct. 1894, Bd. V, Nr. 32.
- Prantl, Mechanik des Rings am Farnsporangium. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 1886, S. 42.
- Rathoy, Über Austrocknungs- und Imbibitionserscheinungen der Cynareen-Involucuren. Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1881, 1. Abt., Maiheft.
- Remer, Beiträge z. Anatomie u. Mechanik tordierender Grannen bei Gramineen. Diss. Breslau 1900.
- A. F. W. Schimper, Bau und Lebensweise der Epiphyten Westindiens. Bot. Centralbl. 1884, Bd. 17, S. 321.
- Schinz, Untersuchungen über den Mechanismus des Aufspringens der Sporangien und Pollensäcke. Diss. Zürich 1885.

- Schrodt, 1. Farnsporangium und Anthere. Flora 1885, Nr. 25—27.
— 2. Neue Beiträge z. Mech. d. Farnsporangien. Flora, 1887, Nr. 12 u. 13.
— 3. Die Bewegungen der Farnsporangien, von neuen Gesichtspunkten aus betrachtet. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 1897, S. 100.
— 4. Zur Öffnungsmechanik der Staubbeutel. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 1901, S. 483.
- Schwendener, 1. Über Quellung und Doppelbrechung vegetativer Membranen. Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1887, Bd. 34, S. 659.
— 2. Über den Öffnungsmechanismus der Antheren. Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1899, VI, S. 101.
— 3. Über den Öffnungsmechanismus der Makrosporangien von *Selaginella*. Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1902, Bd. 47, S. 1056.
- Steinbrinck, 1. Über die anatom. Ursachen des Aufspringens der Früchte. Diss. Bonn 1873.
— 2. Bot. Zeit 1878, Nr. 26—39.
— 3. Verhandl. d. Naturh. Ver. d. Preuß. Rheinlande. Bonn 1891, Jahrg. 47.
— 4. Festschr. f. Schwendener, Berlin 1899, S. 165.
— 5. Bot. Jaarboek d. Dodonaea, Gent 1896, V, S. 223.
— 6. Physik. Zeitschr. 1901, Bd. II, Nr. 33.
— 7. Flora, 1891, Heft 3. — 1897, Bd. 84, Heft 2. — 1903, Bd. 92, Heft 1. — 1905, Bd. 94, Heft 3.
— 8. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. in den Jahrgängen 1883, 1884, 1888, 1895, sowie 1896 bis 1903.
- Ursprung, 1. Öffnungsmechanismus der Pteridophytensporangien. Jahrb. f. Wiss. Bot. 1903, Bd. 38, Heft 4.
— 2. Beitr. z. Bewegungsmech. einiger Pteridophytensporangien. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 1904, S. 73.
— 3. Über den Bewegungsmech. des *Trichia-Capillitium*s. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 1906, S. 216.
- J. Verschaffelt, 1. Proeve eener Theorie der hygroscopische Bewegungen. Maandblad voor Naturwet. 1891, Nr. 2 u. 3.
— 2. Verspreiding der zaden bij *Brunella* etc. Bot. Jaarboek Dodonaea, Gent 1890, S. 148.
— 3. Verspreiding der zaden bij *Iberis*. Bot. Jaarboek Dodonaea, Gent 1891, S. 95.
- Weberbauer, 1. Beiträge z. Anat. d. Kapsel Früchte. Bot. Centralbl. 1898, Bd. 73.
— 2. Über die Fruchtanatomie der Scrophulariaceen. Beihefte z. Bot. Centralbl. 1901, Bd. X, Heft 7.
- A. Zimmermann, 1. Über mech. Einrichtungen zur Verbreitung von Samen und Früchten. Diss. Berlin 1885.
— 2. Molekular-Physik. Untersuchungen. Ber. d. Dtsch. Bot. Ges. 1883, S. 533 u. 1884, S. 124.

Versuche über Entwicklungserregung und Membranbildung bei Seeigeleiern durch Molluskensperma.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von Hans Kupelwieser.

(From the R. Spreckels Physiological Laboratory of the University of California.)

1. Gelegentlich von Versuchen, die ich an der kalifornischen Küste¹⁾ unter Anwendung von Loeb's Methode²⁾ über heterogene Hybridisation²⁾ anstellte, zeigte es sich, dass Seeigeleier (*Strongylocentrotus purpuratus* und *S. franciscanus*) mit lebendem Samen von *Mytilus* behandelt zur Entwicklung gebracht werden können. Die Furchung kam sowohl im normalen als im alkalischen Seewasser

1) Herzstein Research Laboratory at New Monterey.

2) Loeb, Arch. für die ges. Physiologie Bd. 99 u. 104 und andere Mittel.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [26](#)

Autor(en)/Author(s): Steinbrinck Carl

Artikel/Article: [Über Schrumpfungs- und Kohäsionsmechanismen von Pflanzen. 721-744](#)