# Der Bewegungsmechanismus der Lebermooselateren.

Von

**Z. Kamerling.**

Hierzu 7 Textabbildungen.

Meine in ihrer ursprünglichen Form einigermaassen hypothetische Erklärung einiger Bewegungsmechanismen ist durch eine soeben erschienene Abhandlung von Steinbrinck[1]) in den Hauptsachen vollkommen bestätigt und wesentlich erhärtet worden. Wir wollen jetzt, an die früheren theoretischen Betrachtungen anschliessend, einen Specialfall etwas genauer betrachten, und zugleich im Allgemeinen die Theorie der Bewegungsmechanismen etwas fester zu begründen suchen.

Unter dem Ausdruck Bewegungsmechanismen fassen wir eine grosse Gruppe von Erscheinungen zusammen, welchen dieses gemeinsam ist, dass:

1. die Bewegung nicht auf Lebenserscheinungen zurückzuführen ist,
2. die Bewegung im Leben der Pflanze eine gewisse Rolle spielt.

Es sind Apparate, welche von der Pflanze während ihres Lebens ausgebildet werden, welche als solche aber erst functioniren, wenn die Zellen, woraus sie sich aufbauen, abgestorben sind. Solche Apparate spielen bekanntlich in der mannigfaltigsten Weise eine Rolle bei der Verbreitung von Schliessfrüchten oder Samen, Sporen, Pollenkörnern u. s. w.

Das Zustandekommen der Bewegung ist immer ein einfacher, mechanisch genau zu zerlegender Vorgang und kann in weitaus den meisten Fällen — eine Ausnahme bilden nur diejenigen Mechanismen, welche beim erstmaligen Functioniren zerstört werden — sich öfters wiederholen.

Die Bewegung kommt direct zu Stande durch Wechsel im Wassergehalt.

Es ist a priori zu erwarten, dass der Organismus in verschiedenen Fällen verschiedene Mittel benutzt hat, um denselben Zweck zu erreichen, und so sehen wir denn auch das Zustandekommen der Bewegung in den verschiedenen Fällen auf grundverschiedenen Principien

1) C. Steinbrinck, Ist die Cohäsion des schwindenden Füllwassers der dynamischen Zellen die Ursache der Schrumpfungsbewegungen von Antherenklappen und Sporangien? (Vorl. Mitthlg.) B. D. B. G. 1898. IV.



Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0161-6

beruhen, und zwar können wir bei den Elateren der Lebermoose vier verschiedene Typen von Bewegungsmechanismen unterscheiden, welche wir hier zuerst im Kurzen charakterisiren wollen.

I. Der Bewegungsmechanismus beruht auf den inneren Bauverhältnissen der Zellmembran. Die Bewegung kommt entweder dadurch zu Stande, dass die Membran in einer Richtung stärker schrumpft, als in den anderen, oder dadurch, dass verschiedene Schichten verschieden stark schrumpfen, oder durch eine Combination von beiden Möglichkeiten. Das beste Beispiel für diese Schrumpfungsmechanismen liefert uns das Laubmooskapselperistom.[1]) Das Verhalten gegenüber dem polarisirten Licht liefert uns bei diesen Mechanismen oft wichtige Fingerzeige für die genauere Zerlegung des Vorgangs.

II. Der Mechanismus beruht darauf, dass bei Wasserverlust einzelne dünnere Membranpartien nach innen gesaugt und dadurch dickere einander genähert werden. In diesem Falle ist die Cohäsion des schwindenden Füllwassers von hervorragender Bedeutung und können wir also diese Gruppe von Mechanismen als Cohäsionsmechanismen zusammenfassen. Wenn schliesslich die Cohäsion des Füllwassers unterbrochen wird, nimmt entweder der Apparat infolge der Elasticität der verdickten Membrantheile seine ursprüngliche Gestalt wieder an, oder er verharrt in dem maximalen Schrumpfungszustand. Die Annuli der Farnsporangien sind ein Beispiel für die erste, die Antherenklappen für die zweite Möglichkeit.

III. Der Mechanismus beruht darauf, dass beim Eintrocknen einzelne dünnere Theile der Zellwand in tangentialer Richtung stärker schrumpfen als andere, verdickte, wodurch diese zusammengezogen werden. Auch hier ist der Bau der Zelle, die Anordnung der Verdickungsleisten für das Zustandekommen der Bewegung von wesentlicher Bedeutung, die Cohäsion spielt hierbei aber keine Rolle.

IV. Das Zustandekommen der Bewegung beruht nicht direct auf den Bauverhältnissen der bewegenden Theile selbst, sondern wird durch eine äussere Ursache, durch vorher zu Stande kommende Bewegungen in anderen Theilen veranlasst. Wenn man die drei anderen Typen als active zusammenfasst, kann man die Vertreter dieses Typus passive nennen.

---

1) C. Steinbrinck, Der hygroskopische Mechanismus des Laubmoosperistoms. Flora, Erg.-Bd. 1897.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0162-2

Ueber die Function der Lebermooselateren bei der Sporenverbreitung ist vor drei Jahren eine ausführliche Arbeit von Goebel erschienen, zu welcher nichts Neues mehr zuzusetzen ist. Wir wollen hier nur die Mechanik der Bewegung näher ins Auge fassen und betrachten zuerst den gewöhnlichen Typus, wie wir ihn bei den meisten Jungermanniaceen und Marchantiaceen finden. Diese gehören zu den Cohäsionsmechanismen. Zur Untersuchung lag frisches, selbst gesammeltes Material von *Plagiochila asplenoides* vor. Die Elateren zeigen hier den bekannten Bau, einen Schlauch, worin wir zwei parallel verlaufende Spiralfasern wahrnehmen. Bei genauerer Untersuchung der Enden zeigt sich, dass beide Spiralbänder hier zusammenhängen. Das Oeffnen der Kapsel und das sehr energische Wegschleudern der Sporen findet in der bekannten, von Goebel für *Chiloscyphus polyanthus* beschriebenen Weise statt. Wenn man, nachdem die Elateren und Sporen aus der Kapsel herausgeschleudert sind und auf dem Objectträger liegen, diese wieder befeuchtet (dies geschieht am bequemsten durch Hauchen auf den Objectträger), nimmt man kaum eine Bewegung wahr. Wenn man jetzt diese befeuchteten Elateren wieder eintrocknen lässt und ohne Deckglas mit stärkerer Vergrösserung (ich benutzte D. 4. Zeiss) beobachtet, sieht man, wie die feuchte Stelle um jede einzelne Elatere herum kleiner wird und zuletzt verschwindet. Hierauf sieht man, wie die dünne Membran zwischen den Spiralbändern sich nach innen zu einzustülpen anfängt und die Elatere beginnt sich zu drehen, wobei die Anzahl der Windungen der Spiralen grösser wird; die Spiralen wickeln sich also auf. Durchschnittlich beschreibt die eine Spitze der Elatere ungefähr zwei Windungen gegenüber der anderen. Dann verschwindet, vielleicht 5—10 Secunden nachdem die Bewegung anfing, das beobachtete Object aus dem Gesichtskreis, es ist offenbar weggesprungen. Sucht man jetzt diese fortgesprungene Elatere wieder auf, so findet man sie unbeweglich und nahezu in der ursprünglichen Gestalt, die Membran nicht oder nur spurweise eingestülpt und die Spiralbänder auch wieder in der Stellung, welche diese in angefeuchtetem Zustande einnehmen. Während das optische Verhalten unmittelbar ehe die Elatere fortsprang, darauf hindeutete, dass sich noch Wasser im Innern vorfand, findet sich jetzt offenbar kein solches mehr. Befeuchtet man die ausgetrockneten Elateren wieder mit Wasser, so sind diese unmittelbar ganz damit gefüllt; von eventuellen Luftblasen ist keine Spur zu bemerken. Die Länge der Elateren ändert sich während des ganzen Vorganges nur in unbedeutender Weise. Wir haben hier offenbar



Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0163-8

eine vollkommene Analogie mit den bekannten Erscheinungen am Farnsporangium und müssen uns den stattfindenden Vorgang wie folgt vorstellen:

In dem Augenblick, in dem das letzte Wasser in der Umgebung der Elatere verdunstet, ist diese selbst noch mit Wasser gefüllt. Die Membran, welche durch Verdunstung Wasser nach aussen verliert, zieht aus dem Innern Wasser nach. Dieses Wasser im Innern aber adhärirt allseitig an der Membran und weist, wie aus den Versuchen von Askenasy und aus theoretischen Betrachtungen [1]) hervorgeht, eine hohe Cohäsion auf.

Eine Blase kann also nicht auftreten, hierzu wäre eine Unterbrechung entweder der Adhäsion oder der Cohäsion notwendig. Wenn aber trotzdem fortwährend dem Inhalt durch die nach aussen verdunstende Membran Wasser entzogen wird, so muss das Volum des im Innern enthaltenen Wassers kleiner werden, die dünneren Stellen der Membran werden nach Innen gesaugt. Eine unmittelbare Folge hiervon ist, wie man sich an einem Modell [2]) leicht klar macht, dass die Spirale sich aufwickelt und die Windungen enger werden. Die dünne Membran muss sich hierbei in Falten legen. In Figur 1 und 2 ist schematisch dieser Vorgang widergegeben. Figur 1 stellt ein Mittelstück einer zweispirigen Elatere dar in der ursprünglichen befeuchteten Stellung, in Figur 2 ist dasselbe Stück gezeichnet in einer Stellung, worin durch Einstülpung der dünnen Membranpartien und Aufwickelung der Spiralen das Volum des Inhaltes stark verringert ist.

Die Spiralen werden bei diesem Vorgang aber gespannt wie eine Uhrfeder, welche man aufwickelt. Wenn jetzt die sich fortwährend steigernde Spannung der Spirale ein Maximum erreicht hat, wird im Innern entweder die Adhäsion des Wassers an der Wand oder die

1) Kamerling, Oberflächenspannung und Cohäsion. — Ich möchte an dieser Stelle einen Fehler, welcher in diese Arbeit eingeschlichen ist, berichtigen. Prof. Beyerinck hatte die Freundlichkeit, mich darauf aufmerksam zu machen, dass eine Kugel nicht mit 15 (Seite 5 des S.-A.) anderen gleich grossen in Berührung sein kann. „Im Kugelhaufen ist jede Kugel umgeben von 12 Kugeln. Nehmen wir anstatt der Kugel Seifenblasen und bestimmt also die Oberflächenspannung, die Lage der Centra, so ist jede Blase umgeben von 14 14seitigen Körpern (Octaeder und Hexaeder im Gleichgewicht). Der Nachweis hiefür wurde von Thompson geliefert.“ An Stelle der Zahl 15 wird man also 14 zu lesen haben. Die Analogie mit dem Kugelhaufen ist in unserem Falle nicht anwendbar, weil im Kugelhaufen nicht die gegenseitige Anziehung, sondern Schwerkraft und Reibung die Lage der Centra bestimmen.

2) Aus einem gewöhnlichen Gasschlauch und einem Handtuch kann man sich mit relativ wenig Mühe ein Modell zusammenstellen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0164-4

Cohäsion im Innern des Wassers selbst unterbrochen. Die aufgewickelten Spiralbänder springen jetzt momentan in ihre Gleichgewichtslage zurück. Die Elatere, welche als Ganzes betrachtet während des Wasserverlustes tordirt worden war, nimmt plötzlich ihre frühere Gestalt wieder an und hierbei schlägt wohl eines der beiden Enden mit verhältnissmässig sehr grosser Kraft auf die Unterlage und verursacht so das Fortspringen. Im ausgetrockneten Zustande ist die Membran der Elatere aller Wahrscheinlichkeit nach für Gase absolut

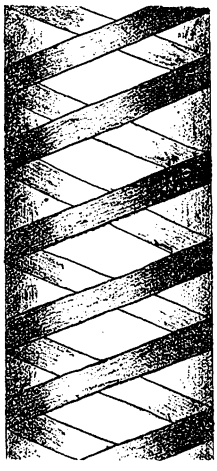


Fig. 1.

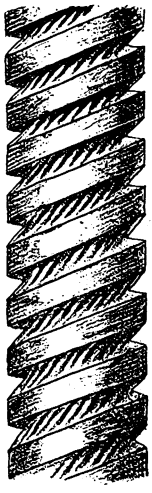


Fig. 2.

undurchlässig, es dringt also keine Luft ein und im Innern erhält sich ein nahezu luftleerer Raum. Wäre dies nicht der Fall, so würde man sich nicht erklären können, wie dieser Hohlraum sich bei Benetzung so schnell wieder mit Wasser füllt.[1])

1) Den überzeugenden Nachweis, dass die Zellmembran der Cohäsionsmechanismen in trockenem Zustand für Luft undurchlässig ist, zu liefern gelang mir nicht. Doch kann, wenn man das schnelle Verschwinden der Blasenräume nicht als überzeugend betrachtet, ein Versuch, den ich schon Sommer 1897 in Jena vornahm, diese Schlussfolgerung einigermaassen erhärten. Ferrosulfat gibt bekanntlich mit Ferrocyancalium einen weissen Niederschlag, welcher an der Luft bald zu Berlinerblau oxydirt wird. Wenn man Farnsporangien trocken in eine Ferrocyancaliumlösung bringt und sich hiermit vollsaugen lässt, und man bringt diese nachher in eine Ferrosulfatlösung, so sieht man zuerst, sowohl innen wie aussen, den weissen Niederschlag. Bei langsamem Eintrocknen an der Luft verfärbt sich die aussen anhaftende, nicht aber die im Innern enthaltene Masse. Man kann die so präparirten Sporangien lange Zeit aufheben, ohne dass im Innern Verfärbung auftritt. Dass sich hier thatsächlich im Innern derselbe Niederschlag

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0165-0

Die hier gegebene Erklärung lässt sich sehr leicht prüfen an dem Verhalten von zerschnittenen Elateren. Hier kann von der Schnittfläche aus Luft eindringen, und wenn also das Wasser aus dem Innern verdunstet, ist kein Grund vorhanden, warum die dünnere Membran nach innen gesaugt und die Spiralen aufgewickelt werden sollten.

Der Versuch zeigt in vollkommener Uebereinstimmung mit der Theorie, dass durchgeschnittene Elateren absolut keine Bewegungserscheinungen zeigen, sondern wir sehen hier im Augenblicke, wo das Wasser von der Oberfläche des Objectträgers verdunstet ist, von der Schnittfläche aus die Luft im Innern vordringen.

Wir sahen also wie in dem vorliegenden Falle die Wassermenge im Innern der austrocknenden Elatere sich verringert, bis die Spannung der sich aufwickelnden Spiralbänder gross genug geworden ist, um eine Unterbrechung der Cohäsion zu veranlassen.

Sind die Spiralen sehr stark, so wird schon bei einer kleinen Verringerung des Volums, wobei also die Spiralbänder sich nur sehr wenig aufgewickelt haben, der Zug, welcher von den sich zu entspannen strebenden Spiralen auf dem Wasser ausgeübt wird, gross genug sein, um eine Unterbrechung der Cohäsion, ein Lossspringen zu verursachen.

Sind die Spiralen dagegen verhältnissmässig schwach ausgebildet, so werden sie sich in viel stärkerem Maasse aufwickeln und eventuell wird gar kein Lossspringen stattfinden. Wenn nämlich das Wasser aus den Elateren bis auf ganz geringe Spuren verdunstet ist, ohne dass ein Lossspringen stattfand, so kommen im Innern (wie man sich wieder leicht am Modell klar machen kann) die eingestülpten dünnen Wandpartien mit einander in Berührung und kann die Adhäsion der fest zusammengesaugten und geknitterten dünnen Membrantheile ein Lossspringen verhindern. [1])

Es ist nämlich eine Thatsache, dass wir in vielen Fällen bei ungefähr gleich gebauten Elateren wie bei *Chiloscyphus* und *Plagio-*

---

des Ferrosalzes der Ferrocyanwasserstoffsäure als solches erhält, welche bei Zutritt von Sauerstoff zu Berlinerblau oxydirt wird, zeigt sich sofort, wenn wir die so präparirten Sporangien in verdünnte Salpetersäure bringen. Man sieht dann, wie auch im Innern die weisse Masse blau wird.

1) Natürlich wirkt auch der Luftdruck zusammenpressend auf die luftleeren eingetrockneten Elateren (wie ja auch beim Ring des Farnsporangiums die Trockenstellung nicht genau der Gleichgewichtsstellung im feuchten Zustande gleich ist und wohl wesentlich von dem Luftdruck bedingt sein dürfte). Uebrigens spielt, meiner Ansicht nach, bei den hier in Betracht kommenden Dimensionen der Luftdruck nur eine untergeordnete Rolle im Vergleich zu den Molecularkräften.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0166-6

*chila* kein Lossspringen beobachten können. So z. B. bei *Radula complanata*, wovon ich frisches Material zu untersuchen die Gelegenheit hatte. Die Elateren winden sich hier stärker als bei *Plagiochila*, springen aber nicht los und verharren in ihrer maximalen Schrumpfungsstellung.

Hier findet denn auch kein wirkliches Fortschnellen der Sporen statt, sondern nur ein Fortschleudern, weil bei den energischen Krümmungsbewegungen, welche die einzelnen Elateren im dichten Knäuel ausführen, oft eine Spitze, welche sich zu drehen bestrebt ist, von einer andern zurückgehalten wird und dann plötzlich lossspringt. Hauptsächlich wirken die Elateren hier auflockernd.

Uebrigens sind beide Fälle nicht scharf auseinander zu halten und fand ich sowohl unter den Elateren einer sich eben öffnenden *Plagiochila*kapsel vereinzelte, welche nicht schnellten, sondern sich nur wanden, wie unter den Elateren einer sich gleichfalls gerade öffnenden *Radula*kapsel solche, welche deutlich schnellten.

Da wo die Elateren infolge der schwächeren Entwickelung der Spiralbänder nicht oder nur ausnahmsweise lossspringen und also die Windungen beim Austrocknen wesentlich sind, finden wir auch meistens längere Elateren, wie wohl ohne Weiteres einleuchtet.

Bekanntlich zeigt getrocknetes Material die Bewegungserscheinungen oft auch noch, nur findet man da gewöhnlich mehr oder weniger Exemplare, welche nicht mehr functioniren. Bei genauerem Beobachten constatirt man, dass diese sich geradeso verhalten wie angeschnittene, d. h. dass beim Eintrocknen im Innern Luftblasen auftreten, ohne dass vorher die typische Einstülpung der dünnen Membrantheile und Spannung der Spiralen stattgefunden hätte. Wir haben hier offenbar verletzte Exemplare vor uns. [1])

1) Es kommt mir aber wahrscheinlich vor, ohne dass ich für eine dieser Hypothesen zwingende Gründe beibringen könnte, dass Functionsverlust noch in zwei anderen Fällen eintreten kann, wenn nämlich entweder die Elasticität der Spiralen geringer oder wenn das Innere lufthaltig wird. Beides kann man sich denken, wenn sich die Elateren längere Zeit in einer feuchten Atmosphäre befinden. Es verdunstet dann im Anfang noch etwas Wasser, wodurch die Spannung der Spirale einen gewissen Grad erreicht. Die Verdunstung ist aber nicht stark genug, um eine Unterbrechung der Cohäsion zu veranlassen, und so bleibt die Spirale längere Zeit in halbgespanntem Zustande. Die Membran, welche in trockenem Zustande undurchlässig ist für Luft, lässt diese in feuchtem Zustande hindurchdiffundiren. Entweder beide Ursachen zusammen oder eine der beiden bedingen wohl, dass die Elatere einer Kapsel, welche sich in ziemlich feuchter Atmosphäre (unter einer Glasglocke) öffnete und mehrere Tage in aufgesprungenem Zustande in dieser feuchten Atmosphäre verweilte, sehr schlecht functioniren.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0167-2

Der Bewegungsmechanismus dürfte auch in den nicht untersuchten Fällen, wo die Elateren denselben Bau aufweisen, derselbe sein und auf der ungleichmässigen Verdickung der Wand beruhen.

---

Wir wollen uns jetzt einem anderen Typus zuwenden, und zwar demjenigen, welchen wir passiv nannten.

Bei *Frullania* ist der Bewegungsmechanismus ein ganz anderer wie bei den meisten anderen *Jungermanniaceen*. Die Elateren zeigen hier bekanntlich nur ein Spiralband, welches an beiden Enden in einen Ring endet.

Ursprünglich sind die Elateren mit beiden Enden an die Innenseite der Kapselwand angeheftet. Wie Goebel schon betont, werden

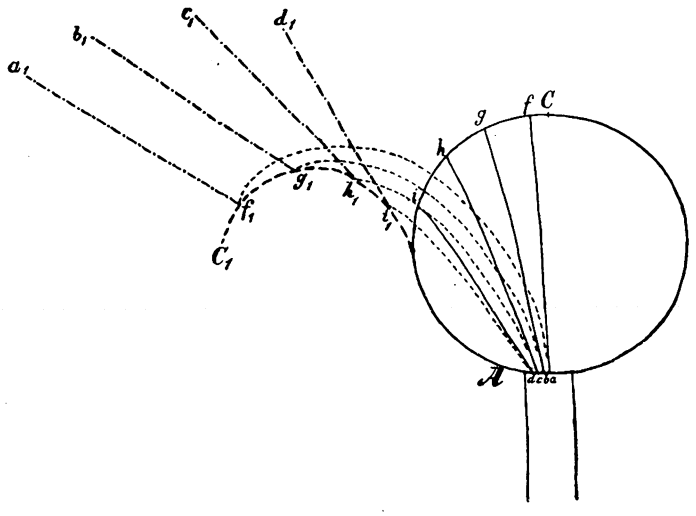



Fig. 3.

beim Oeffnen der Kapsel die Elateren gespannt, ausgedehnt, reissen am anderen Ende ab und schleudern die Sporen fort. Der Sitz des Mechanismus ist hier also nicht die Elatere selbst, sondern die sich infolge der Austrocknung zurückschlagende Kapselwand. Schematisch ist der Vorgang in Figur 3 dargestellt. Wenn die Kapsel aufspringt und die Klappe also aus der Stellung $AC$ in die Stellung $AC_1$ übergeht, kommen die Elateren, welche in der ungeöffneten Kapsel die Lage $af$, $bg$, $ch$, $di$ einnahmen, in die Lage $af_1$, $bg_1$, $ch_1$ und $di_1$. Man sieht auf den ersten Blick, wie sie dabei ausgedehnt und verbogen werden. Wenn diese jetzt am unteren Ende abreissen, ziehen sie sich zusammen und strecken sich gerade, kommen dabei in die

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0168-7

Lage $f_1 a$, $g_1 b_1$, $h_1 c_1$ und $i_1 d_1$. Die Sporen werden hierbei natürlich fortgeschleudert.

Der Oeffnungsvorgang verläuft hier ungemein rasch und die typische Bewegung der Elateren tritt nur einmal auf, was offenbar einer genaueren Untersuchung grosse Schwierigkeiten bereitet.

Bei der Ausdehnung wird die dünne Membran zwischen den einzelnen Windungen der Spirale über die Elasticitätsgrenze ausgedehnt, was man daran leicht erkennt, dass sie in den schon losgeschnellten Elateren nicht glatt ist, sondern meist etwas eingestülpt.

Von dem Luftdruck rührt diese Einstülpung nicht her, denn erstens zeigt sich diese Erscheinung auch in wassergetränktem Zustande, zweitens sieht man beim Eintrocknen dieser angefeuchteten Elateren vom unteren Ende aus, wo beim Abreissen ein Loch entstanden ist, Luft eindringen.

Wenn man jetzt aber diese am unteren Ende abgerissenen Elateren von *Frullania* eintrocknen lässt, nimmt man eine ziemlich energische Drehung des freien Endes wahr, und zwar wickelt auch hier die Spirale sich auf. Von Zurückspringen ist aber keine Rede und die Bewegung fängt erst an, nachdem alles Wasser im Innern verschwunden und durch Luft ersetzt worden ist.

Diese nachträglichen Bewegungen, welche für eine Verbreitung der Sporen allerdings keine Bedeutung haben und also eigentlich nicht unter den Begriff der Bewegungsmechanismen fallen, können hier nicht durch die infolge der Verdunstung auftretende Saugung verursacht werden, und so müssen wir hier die Ursache in den inneren Bau der Membran selbst verlegen. Es ist offenbar der innere Bau des Spiralbandes, welcher diese Bewegungen verursacht, und zwar sind wahrscheinlich die inneren Schichten dieses Bandes stärker quellbar und schrumpfen also auch bei Wasserverlust stärker wie die äusseren Schichten.

Schon lange ist bekannt, dass die Farnsporangien in concentrirter Schwefelsäure ein ähnliches Lossspringen zeigen wie beim Austrocknen, was offenbar darauf beruht, dass das Wasser leichter durch die Poren der Membran hindurch heraus, als die Schwefelsäure herein dringt.

Dieses Lossspringen in concentrirter Schwefelsäure oder concentrirtem Glycerin zeigen die vorher besprochenen Elateren von *Scapania* etc. nicht, was man sich nicht anders deuten kann, als dass hier die Membran für diese stark wasseranziehenden Flüssigkeiten ziemlich leicht durchlässig ist.

Man sieht, wenn man concentrirte Schwefelsäure unter das Deck-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0169-5

glas saugt, worunter sich z. B. Elateren von *Plagiochila* befinden, wie diese ihre Form nur wenig ändern; die dünneren Membranpartien lösen sich, aber die resistenteren Spiralbänder behalten noch ungefähr ihre Form bei.

Anders, wenn wir mit *Frullania*-Elateren denselben Versuch anstellen. Bei Zusatz von concentrirter Schwefelsäure sehen wir hier das Spiralband sich entrollen, oft bis es beinahe abgewickelt ist. Es war auch von vornherein zu erwarten, dass da, wo die Bewegungserscheinungen bei Befeuchtung mit Wasser auf Quellung beruhen, bei stärkerer Quellung eine weitergehende Bewegung im selben Sinne stattfinden würde.

---

Bei der Gattung *Dendroceros,* wovon mir allerdings nur getrocknetes Material zur Untersuchung vorlag, zeigen die Elateren einen

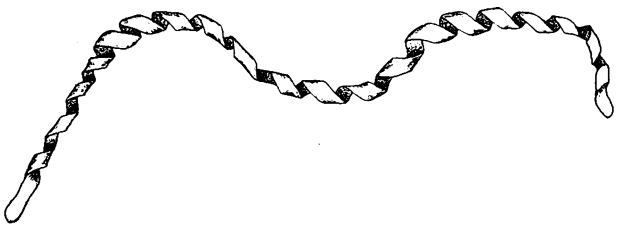


Fig. 4.

sehr eigenthümlichen Bau. Im ausgereiften Zustande bestehen sie aus einem einzigen, sehr langen Spiralbande. Von den verdickten Membranpartien sind in diesem Zustande nur noch vereinzelte Fetzen wahrzunehmen. Doch zeigen diese Spiralbänder und Stücke derselben beim Anfeuchten und Austrocknen ziemlich energische Bewegung.

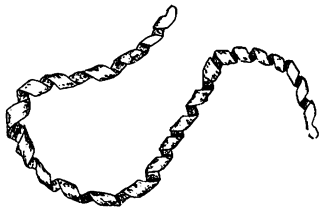


Fig. 5.

Man kann hier sehr deutlich constatiren, wie zuerst das ganze Spiralband oberflächlich abtrocknet und erst nachher die Drehung anfängt, welche auch hier beim Austrocknen in einem Aufwickeln besteht. Figur 4 zeigt eine Elatere von *Dendroceros crispatus Nees* in befeuchtetem, Figur 5 dieselbe Elatere in ausgetrocknetem Zustande. Beide Figuren wurden bei derselben Vergrösserung mit der Camera gezeichnet.

Bei Anwendung von starken Quellungsmitteln nimmt man auch hier ein sehr weitgehendes Abwickeln der Spirale wahr.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0170-6

Wir dürfen also hier die Bewegungserscheinungen als von den inneren Bauverhältnissen des Spiralbandes bedingt betrachten und diesen Elateren von *Dendroceros* einen Platz unter den Schrumpfungsmechanismen anweisen.

---

Bei der Gattung *Anthoceros* finden wir drei verschiedene Typen von Elateren vertreten.

Bei einigen tropischen Arten (u. a. *Anth. Vincentianus L. et L.*) findet man genau denselben Typus [1]) wie bei *Dendroceros*.

Beim zweiten Typus sind die Elateren mehrzellig und bestehen aus gleichmässig stark verdickten, meist sehr dunkel gefärbten, langgestreckten Zellen.

Auch hier kann man wohl kaum bezweifeln, dass die ziemlich energischen, windenden Bewegungen, welche man an Herbarmaterial noch leicht nachweisen kann *(Anth. carnoso-inflatus St., Anth. communis St., Anth. Dusii St., Anth. falsinervus Ldbg.)*, von Quellungserscheinungen der Membran bedingt sind und auch diese also zum Typus der Schrumpfungsmechanismen gehören.

Den dritten Typus, welcher auch bei *A. laevis L.* und *A. punctatus L.* vorkommt, hatte ich in frischem Zustande an *A. dichotomus Raddi* und an Herbarmaterial von verschiedenen Arten zu untersuchen die Gelegenheit.



Fig. 6.



Fig. 7.

Die Elateren sind hier aus mehreren kurzen Zellen zusammengesetzt; diese Zellen sind flachgedrückt und auf der schmalen Seite mit zwei in Längsrichtung verlaufenden Verdickungsleisten versehen (Figur 6). Diese bandförmigen Elateren winden sich beim Eintrocknen ziemlich energisch und tragen, wie Goebel betont, jedenfalls zur Sporenverbreitung bei. In ausgetrocknetem Zustande (Figur 7) sind die Verdickungsleisten meistens mehr oder

1) Schiffner, Natürliche Pflanzenfamilien, zeichnet bei den Elateren von Anth. gracilis Rchdt. deutlich auch die unverdickten Membranpartien. Diese Art lag mir nicht zur Untersuchung vor. Bei *Anth. Vincentianus L. et L.* waren von den unverdickten Theilen der Zellwand ebenso wie bei *Dendroceros*-Arten nur noch vereinzelte Fetzen wahrzunehmen. Auch die Mechanik der Bewegung stimmte genau mit der der *Dendroceros* überein.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0171-2

weniger wellig verbogen und die ganze Elatere in unregelmässiger Weise gekrümmt.

Man kann leicht beobachten, dass auch hier beim Austrocknen im Innern zuerst Blasenräume auftreten und erst nachher die Bewegung anfängt.

Ein Cohäsionsmechanismus liegt hier aber jedenfalls nicht vor; sehr wahrscheinlich werden wir uns die Erscheinung so zu deuten haben, dass die dünneren Membrantheile stärker schrumpfen als die zwei ursprünglich parallelen Verdickungsleisten. Diese Annahme erklärt ungezwungen die wellige Verbiegung dieser Leisten, wie eine solche in einem Band auftreten muss, wenn ein Längsstreifen in der Mitte sich stärker verkürzt als die Ränder.

---

Wenn wir jetzt die Resultate dieser Untersuchung übersehen, so ist es sehr auffällig, dass wir hier eine so grosse Mannigfaltigkeit der mechanischen Principien, worauf die Bewegungserscheinungen beruhen, finden.

Um so auffälliger wird dies, wenn wir die Elateren in dieser Hinsicht mit anderen Bewegungsmechanismen vergleichen.

So beruhen die Bewegungserscheinungen des Laubmoosperistoms immer auf demselben Princip, es sind immer Schrumpfungsmechanismen, der Oeffnungsmechanismus des Farnsporangiums ist in allen Fällen, wie verschieden auch der Ring in den verschiedenen Familien ausgebildet sei, mechanisch genau derselbe, ein Cohäsionsmechanismus, und sogar das Lossspringen, welches doch nur von der mehr oder weniger starken Ausbildung der elastischen, verdickten Membrantheile abhängt, findet sich hier immer.

Auch der Oeffnungsmechanismus der Antheren scheint in den verschiedensten Fällen demselben mechanischen Typus anzugehören, ein Cohäsionsmechanismus, welcher in dem maximalen Schrumpfungszustand verharrt.

Diese grosse Mannigfaltigkeit der Mechanik in unserem hier speziell untersuchten Falle dürfte auch eine Bestätigung sein für die von Goebel ausgesprochene Ansicht, dass die Function der Lebermooselateren bei der Sporenausstreuung erst eine secundäre Anpassung darstellt, und dass wir in der Mitwirkung bei der Stoffzufuhr zu den sporogenen Zellen die primäre Function zu sehen haben.

Phylogenetisch haben dann in den verschiedenen Fällen auf sehr verschiedene Weise diese ursprünglich nur der Stoffzufuhr dienenden

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0172-8

Zellen sich einer zweiten Function angepasst und sind zu Elateren geworden.

Dass wir speciell bei den Anthocerotaceen nur die zwei Typen finden, wobei die Mechanik auf Membranschrumpfung beruht, kann man sich biologisch vielleicht einigermassen deuten, wenn man bedenkt, dass bei der bekannten Oeffnungsweise der Kapsel die Elateren hier länger functionsfähig bleiben müssen. Die Cohäsionsmechanismen sind unzweifelhaft mechanisch leistungsfähiger; [1]) es tritt aber viel leichter infolge kleiner Verletzungen oder sehr oft wiederholte Benutzung Functionsverlust ein.

---

Was die benutzte Litteratur betrifft, so sind die älteren Angaben von Schmidel, Mirbel, Hedwig, Nees v. Esenbeck, Jack, Leclerc du Sablon etc. in der Arbeit von Goebel (Ueber Function und Anlegung der Lebermooselateren. Flora 1895) ausführlich besprochen worden.

Was die Litteratur über Bewegungsmechanismen betrifft, so kann ich hinweisen auf die Arbeiten von Askenasy, Prantl, Leclerc du Sablon, Schinz, Schrodt, Steinbrinck etc., wovon die meisten in der Litteraturübersicht zu meiner Abhandlung „Oberflächenspannung und Cohäsion“ (Bot. Centrbl. LXXIII 1898) erwähnt wurden.

Einige ziemlich fantastische Zeichnungen von aufspringenden Farnsporangien findet man auch in Atkinson, The Biology of Ferns by the Collodion Method. (New-York 1894).

Mit Ausnahme einiger vorläufigen Versuche, welche ich schon im vorigen Sommer in Jena vornahm, wurde die Arbeit im hiesigen pfl.-physiol. Institut vollendet. Für freundliche Ueberlassung von Material bin ich Herrn Prof. Goebel zu grossem Dank verpflichtet.

München, 1. Juni 1898.

---

1) Diese stellen auch den am weitesten verbreiteten Typus dar; vom Laubmooskapselperistom gilt das von den Anthocerotaceenelateren Gesagte.

---

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05159-0173-4

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: 85

Autor(en)/Author(s): Kamerling Z.

Artikel/Article: Der Bewegungsmechanismus der Lebermooselateren. 157-169