© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

21. C. Steinbrinck: Zum Kohäsionsmechanismus von Polytrichumblättern.

(Mit 4 schematisierten Figuren im Text.)

(Eingegangen am 19. April 1909.)

Im 2. Heft unserer diesjährigen Berichte hat sich LORCH (S. 51—56) gegen meine Darstellung des Faltvorganges beim Blatte von *Polytrichum commune* (diese Ber. 1908, S. 400—412) gewandt. Er bemängelt zunächst, daß ich mich bei Beurteilung seiner Ansicht auf ein Referat und nicht auf seine Originalarbeit gestützt habe, während diese doch in einer „überaus leicht zugänglichen" Zeitschrift veröffentlicht sei. LORCH hat hierbei aber die Lage eines Wißbegierigen, der nicht in einer Universitätsstadt wohnt, zu günstig beurteilt. Als ich 1908 vor der Abfassung meiner oben zitierten Mitteilung bei der Göttinger Universitätsbibliothek um die Überlassung des betreffenden Florabandes von 1907 einkam, wurde dieser als „noch nicht verleihbar" bezeichnet, und mein Wunsch, in den letzten Tagen die mir von LORCH empfohlene neueste Arbeit von ihm: „Die Polytrichaceen, eine biologische Monographie", in den Ber. d. Münch. Akademie 1908, S. 486—490, zu erhalten, wurde von derselben Bibliotheksverwaltung mit dem Bemerken beantwortet, diese Berichte seien „noch nicht überwiesen". Auch jetzt konnte ich die im vorigen Jahre erbetene Florabhandlung LORCHs noch nicht erlangen, da der gewünschte Band gerade „verliehen" war [1]).

So bin ich denn bezüglich LORCHs Ansichten über den Faltvorgang beim *Polytrichum*-Blatte auf seine eigene neueste „Erwiderung" im diesjährigen Heft 2 unserer Berichte angewiesen. Ich muß allerdings gestehen, daß ich mir daraus immer noch kein klares Bild über seine Auffassungen machen kann. Einige Stellen erwecken mir sogar den Anschein, als ob LORCH mit dem Worte „Kohäsionsmechanik" einen ganz anderen Begriff verbände als ich

1) Von anderen Universitäten her habe ich weit unwillkommenere Erfahrungen gemacht, indem die neueren Zeitschriften und hervorragenden Einzelwerke gewöhnlich in den einzelnen Instituten oder in den Lesezimmern festgehalten werden und daher „nicht nach auswärts verleihbar" sind. Um so mehr muß ich das persönliche Entgegenkommen der Göttinger Bibliothek seit Jahren mit Dank anerkennen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

selbst. So ist es mir zunächst unverständlich, wenn Seite 53 von den Gestaltänderungen des Lumens gewisser mechanischer Blattelemente gesagt wird, daß „diese Gestaltänderung in dem stärkeren Zuge der mittleren Platte gegenüber der dorsalen begründet ist, daß auch die übrigen weitlumigen Elemente an der Gestaltänderung teilnehmen und eine Streckung in der Richtung erfahren, in der die Kraft wirkt", und wenn dann unmittelbar der Satz folgt: „Es handelt sich bei diesen Vorgängen um dasselbe, was STEINBRINCK mit dem Worte Kohäsionsmechanik bezeichnet." Die Idee des Kohäsionsmechanismus bezieht sich doch nicht auf Deformationen

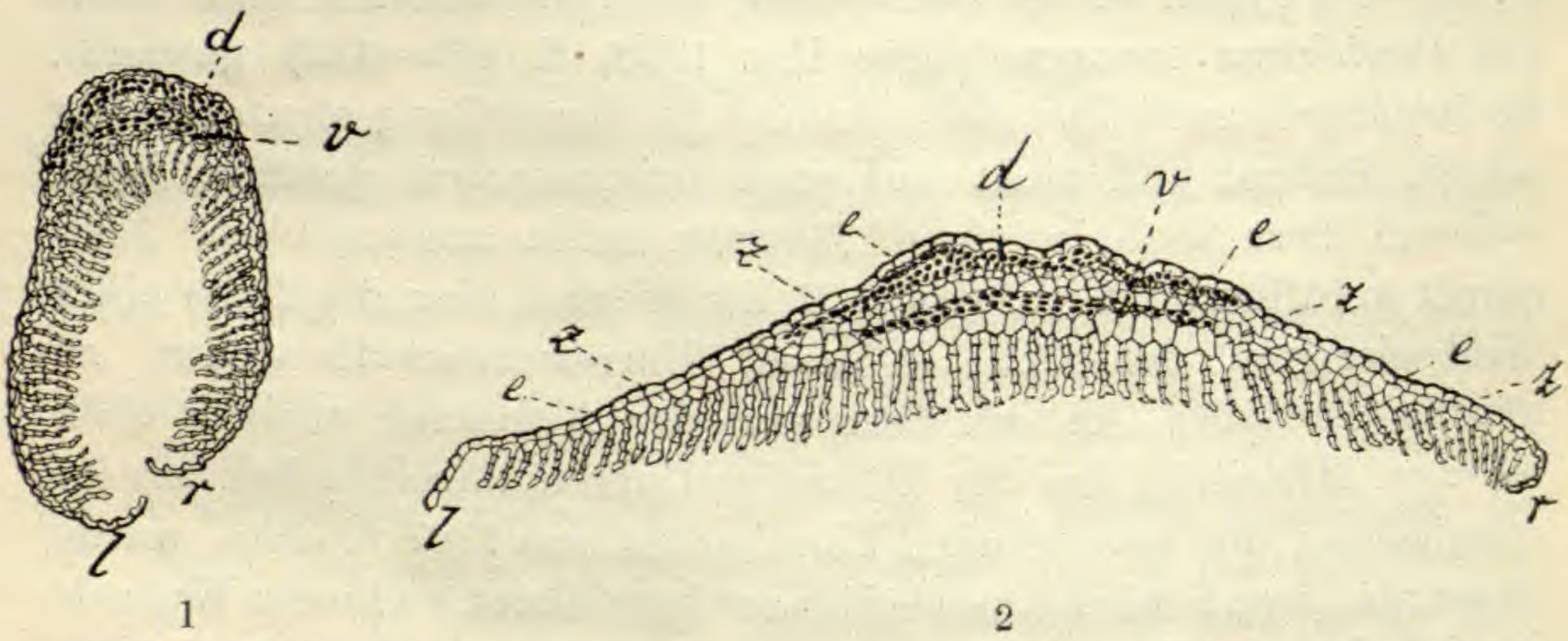


Fig. 1. Querschnittsskizze eines trockenen Blattes von *Polytrichum iuniperinum*. Die Stereomelemente sind dunkel gezeichnet; d das dorsale, v das ventrale Stereomband; l und r die einschichtigen Säume.

Fig. 2. *Polytrichum iuniperinum*, dünner Blattquerschnitt wie Fig. 1, nach dem Befeuchten von neuem ausgetrocknet; bis auf den Rand r ungeschrumpfelt, wie im wasserdurchtränkten Zustande. Bezeichnung wie in Fig. 1. Assimilationslamellen der Deutlichkeit halber zu schmal gezeichnet.

von Zellen durch eine fremde Kraft außerhalb derselben, sondern auf einen bestimmten physikalischen Vorgang in ihrem Innern, den LORCH aber gar nicht anzuerkennen scheint. Anders weiß ich mir wenigstens eine Stelle Seite 54 nicht zu deuten. Es heißt dort: „Bei einer außergewöhnlich großen Zahl Polytrichaceen ist der Blattrand einschichtig und besitzt die Fähigkeit, bei Wasserverlust eine von dem übrigen Blatt unabhängige Bewegung auszuführen. . . . In diesem einschichtigen Saum kann meines Erachtens von einer Kohäsionswirkung nicht die Rede sein." Warum in aller Welt denn nicht? Sagt LORCH von diesem Saume ebendort doch selbst: „Die anatomische Untersuchung zeigt, daß wie bei *Polytrichum iuniperinum*, *Dawsonia* die Rückenwände im Vergleich zu den gegenüberliegenden Wänden sehr stark verdickt

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sind.“ Somit bieten diese Zelllagen doch durchaus ein Analogon zu dem Annulus der Farnsporangien, für den der Kohäsionsmechanismus kaum noch bestritten wird. (In unseren Figuren 1 und 2 von *Polytrichum iuniperinum* ist dieser einschichtige Blattsaum zu sehen, und es ist wohl auch die Einstülpung der zarteren Wand, die an die Deformation der Farnannuluszellen erinnert, z. T. zu erkennen. In den Figg. 4a und b von *P. piliferum*, bei dem der Blattsaum weit breiter ist, reicht diese Einstülpung sowie die Einwärtskrümmung beim Trocknen nur soweit, als ein erheblicher Dickenunterschied der gegenüberliegenden Tangentialwände zu erkennen ist).

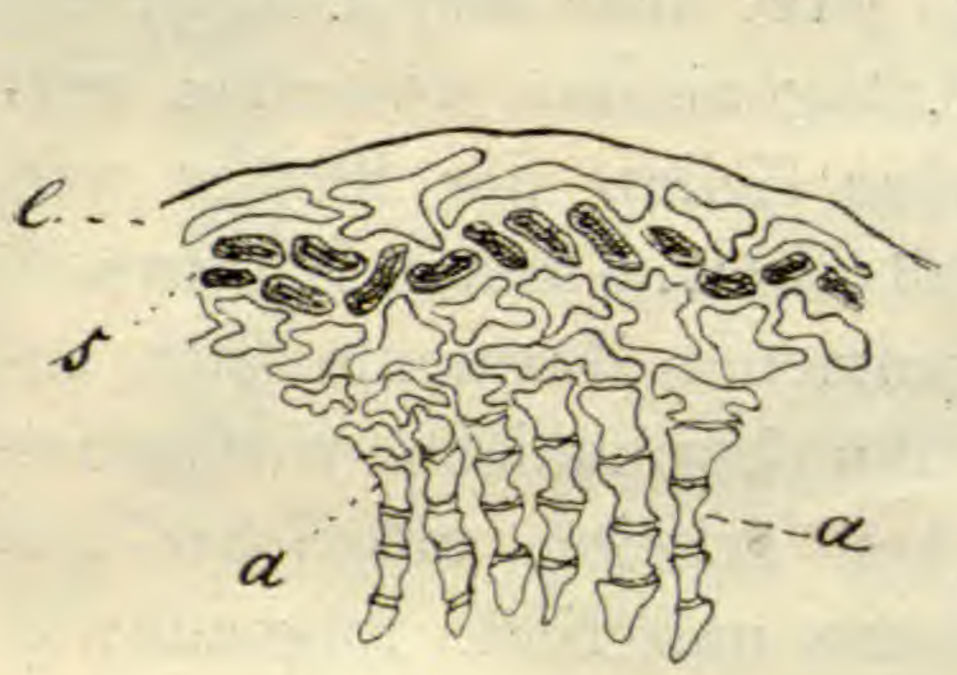
Zur Erleichterung des Verständnisses trägt auch der Satz S. 54 nicht wesentlich bei: „Ich neige jetzt aber der Ansicht zu, daß bei Eintrocknung ein wirklicher Antagonismus zwischen verschiedenartigen mechanisch abweichenden Zellen der Blätter von *Polytrichum* überhaupt nicht besteht, daß die wirksamen Kräfte sich im Gleichgewicht halten und in vollkommener Harmonie sich betätigen.“ Jedoch habe ich versucht, die harmonisch wirksamen Kräfte, an die LORCH hierbei zu denken scheint, möglichst aus dem Text seiner Erwiderung herauszulesen und finde folgende:

1. Hinsichtlich der mechanischen Elemente die stärkere Querkontraktion der Ventralplatte gegenüber der dorsalen (LORCH l. c., S. 55, vgl. d und v unserer Fig. 1).
2. Bzgl. der Zellen der einschichtigen Säume die stärkere Kontraktion der zarteren Membran oder, „was das allerwahrscheinlichste ist“, daß die stark verdickte Außenwand inhomogen ist, „so daß die äußeren Schichten derselben sich bei Aufnahme und Verlust von Feuchtigkeit verschieden verhalten“. (LORCH l. c. S. 54).
3. Bzgl. der zarteren Elemente nimmt LORCH an: Wenn „die weiteren Zellen an der ventralen Seite des *Polytrichum*-Blattes, deren Protoplasten durch zahlreiche Plasmodesmen verknüpft sind, ihren Inhalt stark kontrahieren, so kann durch die Zugwirkungen die Fältelung der zarteren Membranen hervorgerufen werden.“ (LORCH l. c. S. 56.)

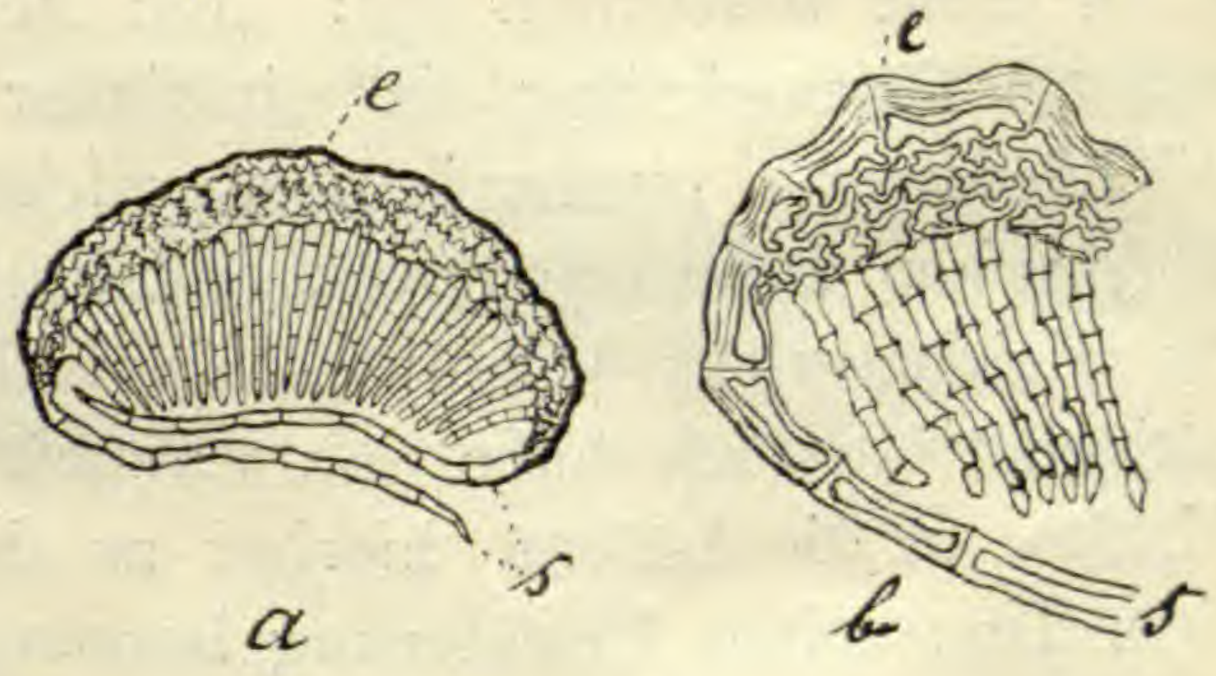
Am auffälligsten ist die Annahme 3 durch die merkwürdige Hervorhebung der Plasmodesmenverbindung. Will etwa LORCH bei lebenden Zellen die Zerknitterung beim Wasserverlust statt auf den Zug der Zellflüssigkeit auf den Zug der Plasmodesmen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zurückzuführen, mit denen das Protoplasma in der Zellwand verankert ist? Eine solche neue Erklärung des Schrumpfeln dürfte wohl wenig Beifall finden. Denn das Schrumpfeln tritt bekanntlich auch bei toten, des Protoplasmas beraubten Pflanzenzellen ein. Ferner findet es sich aber auch bei lebenden Pflanzenzellen mit lebhaft grün gefärbtem Protoplasmakörper, wenn dieser inmitten der Zelle weit von der Wand abgerückt liegt. Dieser Fall kann leicht hervorgerufen werden, wenn Moosblattzellen stark eingetrocknet sind, so daß sie stark bikonkav werden und ihr Protoplast zu einem Gebilde von hantelförmigem Querschnitt zusammengeschrumpft ist. In diesem Trockenzustande liegt nämlich die



3



4

Fig. 3. *Polytrichum iuniperinum*, trockenes Blatt, Skizze eines Querschnittstücks (stärker vergrößert als in Fig. 1 und 2), mit natürlicher Schrumpfelung in mäßigem Grade. — e Epidermis, s Stereomzellen, a Assimilationslamellen. Fig. 4. *Polytrichum piliferum*, Querschnittsskizze eines trockenen Blattes. a ganzer Querschnitt, b die linke Ecke desselben stärker vergrößert, e stark verdickte Außenwand der Epidermis, s freie Blattsäume, die die Assimilationslamellen decken.

Membran dem Protoplasten allerdings noch ganz dicht an. Bei rascher und reichlicher Wasserzufuhr aber kann der Protoplasmakörper nicht so rasch Wasser aufsaugen, als die umschließende Zellwandung durch ihren elastischen Zug von ihm abgerückt wird. Das eindringende Wasser füllt daher den Zwischenraum zwischen der Membran und dem Protoplasmakörper zeitweise in breiter Zone aus. Unterbricht man nun die Wasserzufuhr und läßt sofort wieder austrocknen, so schrumpfelt die Zelle in gleicher Weise und in gleichem Maße wie gewöhnlich, obwohl doch die zarten Plasmodesmen, wenn sie vorhanden waren, längst zerrissen sein müssen und keinen Zug auf die Wand mehr ausüben können.

Wie oft kommen endlich bei lebenden Zellen im natürlichen Zustande beim Wasserverlust starke Deformationen von Wandungen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

vor, in denen gar keine Plasmodesmen anzunehmen sind! Ich brauche im Anschluß an Fig. 3 nur auf die Zellen a der Assimilationslamellen des *Polytrichum*-Blattes hinzuweisen. Bei voller Lebenskraft dieser Zellen ist ihre Querschnittsform durch mäßige Austrocknung aus der rechtwinklig begrenzten in eine Fingerknöchelform übergegangen. Ihre seitlichen Wände sind nach innen gezogen, obwohl sie von anderen Wänden ganz isoliert, also von Plasmodesmen, die nach LORCH ziehend wirken könnten, gar nicht durchsetzt sind. Hier bleibt doch keine andere Annahme übrig, als die Kohäsionswirkung des gesamten Zellinhaltes verbunden mit der physikalischen Adhäsion seiner Oberfläche an der Membran.

Aber auch die Annahme 2 von LORCH (s. o. S. 171) widerspricht der Erfahrung. In meinem Berichte vom Juni 1908 habe ich S. 411 unter Nr. 2 mitgeteilt, daß dünne Querschnitte durch *Polytrichum*-Blätter beim Eintrocknen die Einfaltung ihrer Zellwände nicht mehr erleiden. LORCH hat dieser Angabe allerdings widersprochen, indem er S. 53 durchblicken läßt, die Adhäsion meiner Schnitte am Objektträger habe wohl die gewöhnliche Kontraktion verhindert. Diese Vermutung muß ich aber mit Bestimmtheit zurückweisen. Ich habe mich in den letzten Tagen an zahlreichen Schnitten aufs neue darüber vergewissert und der Sicherheit halber außer *P. commune* noch die mir aus der nächsten Umgebung leicht zugänglichen Arten *iuniperinum* und *piliferum* mitherangezogen. Ein Beleg hierfür ist in Fig. 2 abgebildet, bei dem das ganze Gewebe mit Ausnahme des rechten Blattsaumes r und der Lamellen des Assimilationsgewebes ungeschrumpfelt geblieben ist, — trotz der völligen Austrocknung des Schnittes und trotzdem der Schnitt auf dem Objektträger leicht verschiebbar blieb. Zu solchen Objekten gelangt man wie früher angegeben, sowohl, wenn man dünne Schnitte des lebenden völlig wasserdurchtränkten Blattes unmittelbar austrocknen, als wenn man Schnitte wie Fig. 1 sich erst in Wasser wieder entfalten läßt und dann von neuem trocknet. Man sieht, der Unterschied zwischen beiden Trockenzuständen ist sehr groß: im natürlichen Trockenzustand sind die Zellen durchweg aufs äußerste gefaltet und zerknittert; bei geöffneten Zellen aber unterscheidet sich das trockene Zellnetz kaum von dem wasserdurchtränkten! Dabei erhält man oft auch Schnitte mit Übergängen: lauter ungeschrumpfelten Zellen auf der einen Seite und geschrumpfelten auf der anderen, ganz im Zusammenhange mit der wechselnden Schnittdicke. In unserer Fig. 2 sind z. B. die Zellen des rechten Blattsaumes r ungeöffnet geblieben, dieser hat sich daher wie in Fig. 1 unter Einstülpung der zarteren Zellwände ein-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wärts gekrümmt; der linke Saum dagegen ist gestreckt geblieben und seine Zellen sind nicht deformiert. Das beweist aber die Hinfälligkeit der Annahme 2 von LORCH: Die Einkrümmung des freien Blattsaums beruht der Hauptsache nach weder auf der stärkeren Schrumpfungsfähigkeit der zarteren Wand, noch auf Inhomogenität der verdickten Außenwandung. Übrigens läßt auch das Polarisationsmikroskop derartige Unterschiede nicht erkennen, während solche doch im Peristom der Moose so frappant in die Erscheinung getreten sind.

Entsprechendes gilt auch für den Blattsaum von *P. piliferum*, auf das sich unsere Figg. 4a und b beziehen. Bei dieser Art, die die allerdürrsten Standorte bewohnt, ist jeder Saum im oberen Teile des Blattes fast so breit wie dieses selbst, und die übereinandergelegten Säume bilden einen doppelten Transpirationsschutz (s. Fig. 4a). Auch im wassergesättigten Zustande des Blattes schlagen sich diese Schutzläden nicht nach außen um, sondern lüften sich nur unter mehr oder weniger schräger Stellung, indem sie sich hauptsächlich an ihrer Angel, nämlich dort, wo sie an das Assimilationsgewebe grenzen, drehen und im übrigen gestreckt bleiben. Dementsprechend sieht man ihre Zellen auch nur an dieser Stelle verbogen; bei der Drehung sind aber auch die zarten Blattzellen, durch ihre Kontraktion nach der Mediane zu, unterstützend beteiligt. Auch an dünnen Schnitten tritt übrigens diese Drehung noch ziemlich häufig auf, weil die Angelzellen sehr niedrig sind und daher durch den Schnitt nicht so leicht geöffnet werden wie die senkrecht verlängerten Elemente der Blattmitte. Es kommt daher darauf an, recht dünne zusammenhängende Schnitte in großer Zahl zu erhalten und dazu eignet sich nach meiner Erfahrung die von LORCH (S. 53) bemängelte Paraffineinbettung am besten. Dieselbe ist in wenigen Sekunden vollzogen und sichert den Beobachter vor unbeabsichtigten Zerrungen der Gewebe weit mehr, als wenn die Objekte zwischen Mark eingepreßt geschnitten werden.

Zu dieser Einbettung bringe ich das trockene Blatt in geeigneter Lage einfach auf die ebene Fläche eines schmalen Blockes von Paraffin und bedecke es mit einer Paraffinlamelle von ca. 2 mm Dicke. Berühre ich diese nun mit der Fläche eines Messers, das über einer Spiritusflamme mäßig erhitzt ist, so schmilzt die Lamelle augenblicklich um das Objekt herum mit dem Paraffinblock zusammen und bettet es, zum Schneiden sofort bereit, nach dem Erkalten ein. Durch die dünne Paraffinlage scheint das Objekt deutlich genug hindurch, so daß man die Richtung des Schnittes genau nach Wunsch bestimmen und aus freier Hand in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

kürzester Zeit zahlreiche wohlgelungene Präparate herstellen kann. Nach Behandlung derselben mit Xylol, Alc. abs. und Wasser unter dem Simplex wird man genug Schnitte finden, die austrocknen, ohne zu adhärieren, oder die man der größeren Sicherheit halber auch frei trocknen lassen kann, um sie dann in Xylol oder Öl zu betrachten.

Mit der Tatsache, daß die Kontraktion und Krümmung bei dünnen Schnitten ausbleibt, vereint sich aber meines Erachtens nur die Kohäsionshypothese. Da nun aber die Lumina der zarten Zellen in *Polytrichum*-Blättern ganz erheblich weiter sind als die der Stereomzellen, die ersteren daher in weit stärkerem Maße der Zerknitterung unterliegen als die letzteren, so wird dadurch die Wahrscheinlichkeit der Annahme 1 von LORCH (s. oben S. 171), daß nämlich bei der Einkrümmung des *Polytrichum*-Blattes die Kontraktion der ventralen Stereomplatte in hervorragendstem Maße beteiligt sei, ebenfalls sehr gering.

Und nun vergleiche man mit diesen gezwungenen Annahmen das einfache und klare Bild, das wir von den Faltvorgängen aus der Kenntnis der Kohäsionswirkungen gewinnen. Wir können den Blattquerschnitt Fig. 2 etwa mit einem Flitzbogen vergleichen, an dem die Sehne durch die unter den Assimilationsstreifen herlaufende Reihe weitlumiger Zellen z gebildet wird, und dessen Bügel aus der derben Epidermiswand e (in der Mitte verstärkt durch die äußere Stereomplatte d) besteht. Durch die Zerknitterung der Zellen z infolge des Kohäsionszuges wird die Sehne stark verkürzt und der Bügel daher stärker gekrümmt. Diese Krümmung wird aber noch dadurch vermehrt, daß in unserem Blatte der Raum zwischen Sehne und Bügel auch noch schrumpfelndes Gewebe enthält, das durch seine Kontraktion die Sehne dem Bügel zu nähern strebt. Man stelle sich nur vor, daß man an einem gespannten Bogen die straffe Sehne an die Mitte des Bügels näher heranzuziehen suche; es wird dies ohne stärkere Verkrümmung des Bügels nicht möglich sein. Die fragliche Krümmung wird aber drittens noch dadurch begünstigt, daß sich in dem Bügel selbst, d. h. in der Epidermis des Blattes, beim Trocknen durch Kohäsionszug ein eignes Biegungsstreben im selben Sinne geltend macht, und zwar als Folge der sehr ungleichen Verdickung ihrer Tangentialwände. An die zarten Innenwände der Oberhautzellen stoßen im mittleren Teile des Querschnitts zwar die Zellen des dorsalen Stereombandes an. Diese hindern aber, wie Fig. 3 zeigt, die Verbiegung jener Innenwände nicht, sondern werden mitverbogen und -verschoben.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Im übrigen ist es meine Absicht nicht, auf anatomische Einzelheiten, deren Hervorheben LORCH vermißt, einzugehen. Ich will hiermit nur den Gesichtspunkt meiner vorvorigen Mitteilung verteidigen, daß die Trockenbewegungen der Moosblätter ohne Berücksichtigung der Kohäsionswirkungen nicht verständlich werden. Daher sind auch die Figuren dieser Mitteilung nur als schematische Skizzen nach der Natur aufzufassen und nicht als peinlich-strichgetreue Kopien des mikroskopischen Bildes.

Lippstadt, den 17. April 1909.

---

22. A. Ernst und Ed. Schmid: Embryosackentwicklung und Befruchtung bei Rafflesia Patma Bl.

(Mit Taf. VIII.)

(Eingegangen am 19. April 1909.)

Über den Thallusbau, die Morphologie von Blüte, Frucht und Same der berühmten Schmarotzerpflanze *Rafflesia* sind wir durch eine größere Zahl von Publikationen, i. b. diejenigen von SOLMS-LAUBACH unterrichtet worden. Wenig bekannt ist dagegen bis jetzt über die Vorgänge der Bestäubung, Embryosackentwicklung, Befruchtung, über die ersten Stadien der Embryo- und Endospermentwicklung, und noch ganz unerforscht ist der Keimungsvorgang der Samen geblieben. Was über die Entwicklungsvorgänge in der Samenanlage bekannt geworden ist, ist enthalten in der 1898 erschienenen Arbeit von SOLMS-LAUBACH über „die Entwicklung des Ovulums und des Samens bei *Rafflesia* und *Brugmansia*“. Seine Untersuchung ergab, daß in älteren Knospen und selbst in offenen Blüten erst die allerjüngsten Entwicklungsstadien der Samenanlagen vorhanden sind und deren weitere Entwicklung vermutlich erst nach der Bestäubung der Blüten stattfindet. Zu seiner Untersuchung waren SOLMS-LAUBACH, dem ersten Kenner der Rafflesiaceen, die Materialien aller bedeutenden Sammlungen Europas zugänglich gewesen. Es standen ihm Blütenknospen verschiedenen Alters in großer Zahl, auch mehrere offene Blüten verschiedener *Rafflesia*-Arten zur Verfügung. Sehr spärlich war dagegen sein Material an älteren Stadien, waren doch damals nach

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Heft 8 (S. 453—528) ausgegeben am 25. November 1909.
Heft 9 (S. 529—562) ausgegeben am 29. Dezember 1909.
Heft 10 (S. 563—610) ausgegeben am 27. Januar 1910.
1. Generalversammlungsheft [S. (1)—(42)] ausgegeben am 27. Oktober 1909.
2. Generalversammlungsheft (Schlußheft) ausgegeben am 14. März 1910.

Berichtigungen.

In der Mitteilung Nr. 21, S. 169 ff. über Kohäsionsmechanismus von *Polytrichum*blättern ist überall statt *Polytrichum iuniperinum* zu lesen: *P. formosum* (Irrtum bei der Bestimmung).

Fig. 4, S. 309 ist um 180° zu drehen.

S. 422, Zeile 18—19 von oben lies Flechtenteilen statt Algenteilen.

S. (34) Zeile 2 von unten lies ein Aufsatz statt im Aufsatz.

S. (41) Zeile 10 von unten lies auch statt noch.

S. (42) Zeile 19 von oben lies tief geteilt statt tief gekeilt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: 27

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

Artikel/Article: Zum Kohäsionsmechanismus von Polytrichumblättern. 159-176