BOTANISCHES MUSEUM
der k.k.Universität.
J. No 12373.
B

Über Aufnahme und Leitung des Wassers in der Laubmoospflanze.

MUSEUM DER K. K. UNIVERSITÄT BOTANISCHES

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät der Universität Jena

vorgelegt von

RICHARD ROSTOCK

aus Erfurt.

ERFURT
Ohlenroth'sche Buchdruckerei
1902.

Genehmigt von der philosophischen Fakultät der Universität Jena auf Antrag des Herrn Professor Dr. STAHL.

Jena, den 22. Juli 1901. Professor Dr. G. LINCK,
d. Z. Dekan.

I. Die Kontroverse zwischen Haberlandt und Oltmanns über die Wasserleitung im Centralstrange.

Eine Umschau in der Litteratur über die Laubmoose lässt erkennen, dass über die Wasserbewegung in diesen Pflanzen recht verschiedene Ansichten aufgestellt worden sind. Von grosser Wichtigkeit sind die Arbeiten von Haberlandt[1]) und Oltmanns[2]), die sich zuerst eingehend mit den in Rede stehenden Verhältnissen beschäftigten, aber in manchen Punkten, besonders in der Auffassung der Bedeutung des Centralstranges der Stämmchen vieler Moose für die Wasserversorgung der Pflänzchen erheblich von einander abweichen.

Sie konnten zum Teil auf den anatomischen und morphologischen Untersuchungen von W. P. Schimper[3]), Unger[4]) und Lorentz[5]) fussen. Unger hatte eine grosse Zahl von Laubmoosen in Bezug auf Fehlen oder Vorhandensein eines Centralstranges geprüft, jedoch Versuche zur Feststellung der physiologischen Bedeutung dieses Stranges, den er als „ein dem Gefässbündel höherer Pflanzen analogisches Gebilde" bezeichnet, das „zur Saftleitung besonders tauglich" sei, nicht angestellt. Erst Haberlandt[6]) beschäftigte sich auch experimentell mit dieser Frage.

Durch Versuche mit wässeriger Eosinlösung, in welche er abgeschnittene Mnium- und Polytrichum-Pflänzchen stellte, bewies

---

[1]) Haberlandt: Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose. Pringsheims Jahrbücher, Band XVII, Heft 3, 1886.

[2]) Oltmanns: Ueber die Wasserbewegung in der Moospflanze etc. Inauguraldissertation der Universität Strassburg. Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Band IV, Heft I. Breslau 1884.

[3]) Schimper: Recherches anatomiques et morphologiques sur les mousses, Strasbourg 1848.

[4]) Unger: Ueber den anatomischen Bau des Moosstammes. Sitzungsbericht der Wiener Akademie 1861, B. 43.

[5]) Lorentz: Grundlinien zu einer vergleichenden Anatomie der Laubmoose. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, VI. B., S. 388 ff.

[6]) Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft 1883, Band 1, Seite 263 ff., und die schon angeführte ausführliche Arbeit 1886.

er, dass in dem ausgebildeten Centralstrang Wasser vom Boden zu den Blättern, Gipfelteilen und Sporogonen geleitet wird. Auch die Schnelligkeit und Ergiebigkeit der Wasserzuführung stellte er fest. Zum Nachweis der ersteren liess er abgeschnittene Pflanzen Lithiumlösung saugen und wies die Steighöhe in einer bestimmten Zeit durch das Spektroskop nach. Die Ergiebigkeit der Leitung ging aus Transpirationswägungen hervor. Exemplare von Mnium und Polytrichum, deren äussere Leitung durch Wegnahme einiger Blättchen unterbrochen war, stellte er in Röhrchen mit destilliertem Wasser auf, liess sie eine Zeit lang transpirieren und bestimmte dann den Gewichtsverlust der Gefässe. Die Luftfeuchtigkeit betrug während der Versuche ca. 90 %. Er kam zu dem Ergebnis, dass der Centralstrang das Organ der Wasserzuleitung aus dem Boden sei und dass sein Wasserleitungsvermögen, wenn er gut entwickelt ist, zur Beförderung der zur Transpiration nötigen Wassermengen vollkommen ausreiche.

Fast zu gleicher Zeit mit Haberlandt unterzog Oltmanns die äussere und innere Wasserleitung der Laubmoose einer genaueren Untersuchung und trat Haberlandt's Ansichten in manchen Punkten entgegen. An der Untersuchung desselben bemängelte er die Verwendung des Eosins zum Nachweis der Wasserbahnen, da es die Pflanzenzellen, zumal die Parenchymzellen zwischen Centralstrang und Blattspuren töte und wahrscheinlich nur deshalb bis in die Blattnerven vordringen könne. Ferner betonte er, dass in dem Centralstrang mancher Moose „Oelmassen und Ballen von Protoplasma" zu finden seien, dass er also nicht allein die Funktion der Wasserleitung haben könne. Auf Grund von Transpirationsversuchen in der sehr feuchten Atmosphäre eines Kellers, den er wählte, um den Feuchtigkeitsverhältnissen der Wirklichkeit nahe zu kommen, sprach er den gesträngten Moosen unter natürlichen Verhältnissen eine starke Transpiration und eine bedeutendere Wasserbewegung im Centralstrang ab. Er will den Centralstrang nur als ein unvollkommenes Wasserleitungsorgan gelten lassen (l. c. p. 36.).

Beide Forscher haben in Entgegnungen, die sie in den Berichten der deutschen botanischen Gesellschaft veröffentlichten [1]), an ihrer ursprünglichen Meinung festgehalten. Oltmanns' Ansicht fand

---

[1]) Haberlandt in den Berichten der deutschen botanischen Gesellschaft, Band II, Seite 467 ff., Oltmanns ebenda, Band III, Seite 58.

einen Verteidiger in Coesfeld [1]). Dieser stellte in Uebereinstimmung mit Oltmanns fest, dass die langgestreckten Zellen des Centralstranges keine Tüpfel führen und vielfach Stärke, Oel und Protoplasma enthalten. Hieraus, sowie aus undeutlichen Plasmolyseerscheinungen folgerte er das Vorhandensein eines dünnen Plasmabelags der Zellwände und sprach deshalb dem Centralstrang weit weniger die Funktion der Wasserleitung als die der Wasserspeicherung zu. Lorch [2]) ist ebenfalls der Ansicht, dass der Centralstrang nicht der Wasserleitung dient wegen der Thatsache, dass Sumpfmoose in zahlreichen Fällen ausser dem Strange sehr dichten Wurzelfilz besitzen und demnach „ihren Wasserbedarf aus der dichten peripherischen Umhüllung bequem decken können". Auch Kamerling [3]) glaubt in ihm mehr ein Wasserreservoir sehen zu müssen, welches den Vegetationspunkt und die Kapsel mit Wasser versorgt und von den Blättern aus gefüllt wird. Goebel [4]) dagegen warnt vor einer einseitigen Auffassung der Wasseraufnahme nur durch äussere Leitung. „Denn dass in den Stämmchen eine Verschiebung von Wasser und darin gelösten Salzen vorkommt, darauf weist schon die ausgiebige Entwickelung des Rhizoidensystems vieler Moose hin". Diesen zuletzt genannten Anschauungen fehlt freilich die sichere Basis eingehender Experimente. Eine solche habe ich zunächst durch meine folgenden Untersuchungen zu gewinnen gesucht.

---

[1]) Coesfeld: Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose. Botanische Zeitung 1892, No. 10—12.

[2]) Lorch: Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose. Flora 1894, Seite 465.

[3]) Kamerling: Zur Biologie und Physiologie der Marchantiaceen. Inauguraldissertation der Universität Jena 1897, Seite 65.

[4]) Goebel: Organographie der Pflanzen. Jena 1898, Teil II, Seite 362.

II. Die Bedeutung des Centralstranges für die Wasserversorgung der Moospflanze.

1. Untersuchungen über das Vorkommen des Centralstranges.

Unger führt eine Reihe von Moosen an, die einen mehr oder minder typisch ausgebildeten Centralstrang besitzen, und eine zweite Reihe von solchen, die ihn entbehren. Veranlasst durch Untersuchungen über Stärkebildung in den Moosblättern und über die Plasmolysierbarkeit ihrer Zellen habe ich eine dritte Gruppe mit rudimentärem Strange ausgeschieden. Feste Grenzen lassen sich freilich nicht ziehen; öfter findet sich in einem Exemplar ein Centralstrang, der unten wohl ausgebildet ist, oben reduziert wird (Dicranum scoparium Hedw.). Auch der umgekehrte Fall ist bei manchen acrocarpen Arten zu beobachten, z. B. bei Bryum roseum Schreb., dessen Strang sich unter der Blattrosette bedeutend erweitert. Bei verzweigten Formen ist er in der Hauptachse oft vielzellig, während er in den Nebenästen nur noch aus wenigen Zellchen besteht oder ganz fehlt. Sämtliche Formen der ersten Gruppe führen Rhizoiden in grosser Zahl und an verschiedenen Stellen im Gegensatze zu denjenigen der zweiten und dritten Gruppe, die oft nur an der Basis mit kleinen Rhizoidenbüscheln versehen sind (Hypnum). Selten finden sich unter ihnen Formen mit einer dichten Rhizoidenhülle, die bis in die Spitzen hinein reicht (Climacium dendroides W. et M., weniger bei Leucobryum glaucum Schimp.). Die Moose der ersteren Art sind auch nicht so sehr von einer engen Vergesellschaftung abhängig wie die der andern. Sie stehen aufrecht und breiten ihre Blätter aus, die in grösseren Abständen aufeinander folgen, so dass sie das Sonnenlicht recht ausnutzen können (Bryum, Meesea, Splachnum). Die Formen der beiden anderen Abteilungen kriechen meist am Boden hin oder wachsen im Wasser und zeigen im ersteren Falle dichte Blattstellung und kleine, anliegende Blattflächen. Die Formen mit gut ausgebildetem Strange findet man an feuchten Orten, wo ihnen längere Zeit hindurch Wasser aus dem Substrat zur Verfügung steht, die letzteren an trockenen Standorten, an denen sie selten Feuchtigkeit aus dem

Boden entnehmen könnten (Neckera, Grimmia, Hylocomium), an nassen Stellen oder in Wasser untergetaucht (Sphagnum, Fontinalis). Haberlandt stellte daher drei biologische Gruppen auf: wasserbewohnende Moose ohne Centralstrang, Bewohner feuchter Standorte mit Centralstrang und Bewohner trockener Substrate ohne oder mit reduziertem Centralstrang. In allen drei Gruppen sind Moose aus den verschiedensten systematischen Abteilungen vereint.

Schon aus der äusseren Organisation und den Standortsverhältnissen lässt sich fasst sicher der Schluss ziehen, ob ein Centralstrang vorhanden ist oder fehlt. Sein Auftreten als „Anpassungsmerkmal" spricht schon dafür, dass er eine hervorragende Bedeutung für die Wasserversorgung der Pflänzchen besitzen muss.

Ich fand einen typisch ausgebildeten Centralstrang und viele Rhizoiden bei folgenden Moosen: Hookeria lucens Smith, Tetraphis pellucida Hedw., Oligotrichum hercynicum Lam. et D. C., Polytrichum commune L., Polytrichum juniperinum Willd., Philonotis calcarea Schimp., Aulacomnium palustre Schwaegr., Meesea longiseta Hedw., Mnium hornum Hedw., Mnium punctatum L., Mnium undulatum Hedw., Bryum pseudotriquetrum Schwaegr., Bryum roseum Schreb., Funaria hygrometrica Sibth., Splachnum ampullaceum L., Tetraplodon urceolatus Br. et Sch., Schistostega osmundacea W. et M., Encalypta streptocarpa Hedw., Amphoridium Mougeotii Schimp., Leptotrichum homomallum Hampe, Trichostomum pallidum Hedw., Pottia truncata Fürnr., Fissidens adiantoides Hedw., Fissidens taxifolius Hedw., Campylopus flexuosus Brid., Dicranum scoparium Hedw., Dicranum undulatum Hedw. Diese Arten kommen fast ausnahmslos an Orten vor, wo ihnen Bodenfeuchtigkeit zur Verfügung steht oder ihrem Rhizoidenfilz leicht Erde und Wasser zugeführt wird. (Vergl. Ungers Tabelle.)

Einen rudimentären Strang glaube ich folgenden Arten zusprechen zu müssen: Hylocomium squarrosum Br. et Sch., Hylocomium triquetrum Br. et Sch., Hypnum commutatum Hedw., Hypnum cupressiforme L., Hypnum cuspidatum L., Hypnum giganteum Schimp., Hypnum molluscum Hedw., Hypnum purum L., Eurhynchium murale Milde, Camptothecium lutescens Br. et Sch., Thuidium abietinum Br. et Sch., Thuidium tamariscinum Br. et Sch., Anomodon viticulosus Hook. et Tayl., Grimmia pulvinata Sm. Sie führen alle wenig Rhizoiden und wachsen auf trockenem Boden, auf Bäumen und Steinen, wo ein Centralstrang wegen des trockenen Substrats keine Funktion

als Leitungsorgan erfüllen könnte. Climacium dendroides W. et M. mit oft sehr rudimentärem Strang weist dagegen eine dichte Rhiziodenhülle bis in die Spitzen hinein auf und wächst auf nassen Wiesen, bildet also eine bemerkenswerte Ausnahme.

Ohne Centralstrang findet man Hylocomium loreum Br. et Sch., Hypnum rugosum L., Hypnum splendens Hedw., Neckera complanata Hueben, Neckera crispa Hedw., Thuidium delicatulum Lindb., Fontinalis antipyretica L., Diphyscium foliosum Mohr, Orthotrichum cupulatum Hoffm., Racomitrium canescens Brid., Barbula ruralis Hedw., Barbula tortuosa W. et M., Leucobryum glaucum Schimp., Andreaea petrophila Ehrh.[1]), Sphagnum acutifolium Ehrh.

Sie führen mit Ausnahme der Barbula-Arten ebenfalls wenig Rhizoiden und bewohnen zeitweise trockene Substrate oder fliessende und stehende Gewässer, wo eine Wasserzuführung überflüssig ist.

Zudem sind die Vertreter der beiden letzten Gruppen mit wenigen Ausnahmen durch verschiedenartige Einrichtungen, wie Papillen, Glashaare, Zuckerblätter u. a. vor starker Verdunstung geschützt, wie später bezüglich des letzten Punktes gezeigt werden soll, so dass ihre Wasserbilanz sehr niedrig ausfällt.

2. *Die Leitfähigkeit des Centralstranges.*

Haberlandt hat die Leitfähigkeit des Centralstranges nur an abgeschnittenen Moospflanzen unter Anwendung von Eosin nachgewiesen, das die Zellen erfahrungsgemäss tötet. Um etwaige Fehler dieses Verfahrens auszuschliessen, sah ich mich nach einem einwandfreieren um. Dabei ergab sich, dass unverletzte Pflänzchen nicht zu konzentriertes Eosin, Eisenverbindungen, Thalliumsulfat u. a. in deutlich nachweisbarer Menge und kürzerer Zeit nicht aufnahmen, weder solche mit Centralstrang, noch solche ohne denselben. Dagegen liess sich Salpeterlösung mit Diphenylaminschwefelsäure bald darin nachweisen. Die Blaufärbung trat bei frisch gepflückten Pflanzen nur an den Querschnitten einiger Ruderalmoose (z. B. Funaria) auf, so dass diese empfindliche Methode unbedenklich zur Anwendung gebracht werden kann.

Die unverletzten Pflänzchen wurden über der Niveaufläche der Flüssigkeit der Blätter und Rhizoiden beraubt und mit Fett be-

---

[1]) Herr Goldschmidt in Geisa (Rhön) hatte die Güte, mir dieses Moos und verschiedene andere Arten zuzusenden, wofür ich ihm hiermit meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

strichen, so dass äussere Leitung zu höher gelegenen Blättern ausgeschlossen war; sodann wurden sie in Lösungen von 2 ‰, ½ %, 1 % und 3 % Kalisalpeter gestellt. Die Formen ohne Centralstrang wurden meist abgeschnitten benutzt.

Nach 6 Stunden liess sich in den Stämmchen von Fontinalis Salpeter in nicht zu dünnen Querschnitten bis 7 mm über der Flüssigkeitsfläche nachweisen, in Hypnum bis 14 mm, in den übrigen mit Strang versehenen bis in die Spitzen hinein, bei Polytrichum commune z. B. 9 cm hoch. Besonders reichlich trat die Blaufärbung in den Blättern von Mnium undulatum auf, sogar bei denen aus der Lösung von 2 ‰, während in den Blättern der Hypna, selbst in den untersten, keine Spur von Salpeter nachzuweisen war.

Gewöhnlich verbreitete sich die bei Zusatz von Diphenylaminschwefelsäure entstehende Färbung sofort über den ganzen Stengelquerschnitt, und es war der Schluss, dass der Centralstrang leite, nur aus dem Vergleiche mit Moosen ohne Leitzellen zu ziehen. Legte ich jedoch Stengelquerschnitte aus sehr verdünnten Lösungen trocken auf und beobachtete das Zutreten des Diphenylamins unter dem Mikroskope, so war leicht festzustellen, dass nur der Centralstrang Salpeterlösung führte. Auf Längsschnitten trat die Reaktion nur ein, wenn sie Teile des Centralstranges enthielten. Die Bewegung nach den Blättern zu erfolgte in Moosen mit echten Blattspuren in diesen (Polytrichum). Bei Bryum liess sich beobachten, dass die Färbung dicht unter den Blättern durch die dazwischen liegenden Parenchymzellen nach den Blattspuren hinübergriff; auch bei Mnium und anderen Formen mit sog. unechten Blattspuren, d. h. solchen, die den Centralstrang nicht erreichen, trat sie in den Parenchymzellen zwischen Strang und Blattspuren auf.

Ich stellte Mnium undulatum in eine Mischung von einer halbprozentigen Salpeterlösung mit nicht zu konzentriertem Eosin. Nach 3 Stunden liess sich Salpeter selbst in den höchsten Blättchen nachweisen, während das Eosin in die unverletzten Pflänzchen gar nicht eingedrungen war. Der Erfolg blieb bei verschiedenen Moosen derselbe. Damit scheint das endliche Eindringen des Eosins in unverletzte Pflanzen nur infolge seiner Giftwirkung stattfinden zu können, während es im Innern die vorgeschriebenen Leitungsbahnen zunächst in derselben Weise wie Salpeterlösung benutzt. Damit fällt der Einwand Oltmanns', dass der Uebertritt vom Centralstrang in die Blattrippen wohl nur durch Abtöten der dazwischen liegenden Parenchymzellen möglich werde (cf. l. c. p. 36).

Da also Flüssigkeiten bei einer Anzahl von Moosen gezwungen sind, bis zum Eintritt in die „falschen Blattspuren“ erst mehrere Schichten Parenchymzellen zu durchdringen, so ist es auch erklärlich, weshalb sich Salpeterlösung erst später in Blättern vorfindet, die dieselbe Niveauhöhe haben als schon erreichte Teile des Stranges. Die Endigung der Blattspur in der parenchymatischen Rindenschicht erleichtert wahrscheinlich die Ablagerungen grösserer Mengen von Assimilationsprodukten. Die Polytrichum-Arten speichern nahe am Leitbündel und weisen in der verdickten Rindenschicht wenig Stärke auf, während bei Mnium- und Bryum-Arten auch die Rindenschicht voll ausgenutzt wird. Trotz der weiteren Entfernung vom Centralstrange ist, wie schon Haberlandt (l. c. p. 385) hervorhebt, durch die breite Bandform der Blattspurendigungen wegen der erzielten Oberflächenvergrösserung dennoch eine erhebliche Wasserentnahme durch die Vermittlung der Parenchymzellen möglich.

Wie später spezieller gezeigt werden soll, nehmen auch die Blätter Wasser auf [1]). Mithin lag die Frage nahe, ob sie dieses Wasser nur für sich gebrauchen oder auch anderen Teilen zukommen lassen. Zu ihrer Beantwortung wurden Pflänzchen in obiger Weise präpariert, aber diesmal mit den Blättern der Stengelspitze in einprozentige Salpeterlösung gestellt. Nach $^1/_4$ Stunde war nur in den nächstliegenden Teilen KNO_3 nachweisbar; erst nach 5 Stunden war es bei Polytrichum 2 cm hoch im Stämmchen gestiegen, aber nicht in die Blätter übergetreten. Bei Bryum roseum füllte die Lösung das Stämmchen 3 cm hoch und hatte auch einige Blätter erreicht; bei Mnium undulatum liess sie sich nur im Stamm fast 2 cm hoch nachweisen. Im rudimentären Strang von Hylocomium triquetrum war sie nur 4 mm weit vorgedrungen, in Plagiothecium undulatum 7 mm. In den gesträngten Formen eilte die Tinktion im Strang derjenigen im Parenchym ein Stück voraus.

Demnach kann dem Centralstrang auch von den Blättern aus Wasser zugeführt werden, wenn auch nur unter ganz besonderen Umständen und in geringem Masse, da alsdann die grossen Verdunstungsflächen fehlen. Für gewöhnlich werden die Blätter die aufgenommene Wassermenge im eigenen Interesse verwenden, wie folgende Beobachtung vermuten lässt: Es wurde eine Anzahl in

---

[1]) Vaizey ist dieser Frage schon näher getreten. Vergl. Annals of Botany, vol. I, 1888, p. 73.

der schon angegebenen Weise präparierter Pflanzen schräg in Eosinlösung gestellt und gleichzeitig dafür Sorge getragen, dass einige Blätter aus einem andern Gefässe Salpeterlösung aufnehmen konnten. Sämtliche Individuen waren mit unreifen Kapseln versehen. Nach 3 Stunden war das Eosin bis zum Sporogonfusse vorgedrungen, während die Salpeterlösung weder im Strang, noch in den mit Salpeterlösung nicht in Berührung gekommenen Blättern nachzuweisen war. Die umgekehrte Anwendung der Flüssigkeiten lieferte ein gleichsinniges Ergebnis.

Ferner lag der Gedanke nahe, die Leitfähigkeit des Centralstranges im lebenden Moose mit derjenigen in der getöteten Pflanze zu vergleichen. Dabei musste sich eventuell ein Schluss ziehen lassen, ob man die Zellen des Centralstranges als tot oder lebend aufzufassen habe. Ich legte die Pflänzchen einen halben Tag lang in Alkohol und dann die auf diese Weise getöteten Exemplare mit gleich starken lebenden einige Stunden lang in Wasser. Hierauf wurden je zwei Vergleichsobjekte, bei denen die äussere Leitung in bekannter Weise unterbrochen worden war, in einprozentige Lithiumsalpeterlösung gestellt. Nach $^3/_4$ Stunden war in lebendem Polytrichum juniperinum Lithiumsalpeter $3^1/_2$ cm hoch spektroskopisch nachweisbar, in totem dagegen $4^1/_2$ cm hoch. In Eosin gestellt, zeigte sich u. a. am lebenden Exemplare der Centralstrang nebst einzelnen Blattspuren nach 3 Stunden $4^1/_2$ cm hoch tingiert. In der getöteten Pflanze mit gleich grossem Strange betrug die Steighöhe $6^1/_4$ cm, wobei 5 cm hoch alle Zellen durchweg Farbstoff aufgenommen hatten. Demnach und nach ähnlichen Versuchen scheint zwischen den Leistungen des Stranges der lebenden Pflanze und desjenigen der getöteten doch ein Unterschied zu bestehen, der sich wohl, wie Coesfeld annimmt, auf einen dünnen Plasmabelag des ersteren zurückführen lassen könnte. Jedoch erlaube ich mir über diesen Punkt kein abschliessendes Urteil, da die angegebenen Experimente noch nicht einwandsfrei erscheinen.

Es ist ohne weiteres einleuchtend, dass der Centralstrang der acrocarpen Moose in erster Linie die über das Substrat erhobenen Kapseln und Vegetationspunkte mit der nötigen Wassermenge versorgen wird. Dass aber auch die Blätter seine Hilfe bei trockenem Wetter in hohem Grade beanspruchen, das geht schlagend aus den Versuchen über die Leistungsfähigkeit des Centralstranges hervor.

3. Die Leistungsfähigkeit des Stranges.

Oltmanns[1]) fand bei seinen Transpirationsversuchen in fast gesättigter Atmosphäre, dass ein Pflänzchen von Mnium undulatum pro Tag bloss 0,022 g, von Polytrichum gracile 0,043 g Wasser verlor. Haberlandts Experimente ergaben bei 90 % Luftfeuchtigkeit ungefähr fünfmal so grosse Werte. Für beide Forscher handelte es sich um die Feststellung der thatsächlichen Leistungen eines wohlausgebildeten Centralstranges unter normalen meteorologischen Verhältnissen. Ich suchte dagegen eine Vorstellung von dem Vorteile zu gewinnen, den die Pflanze mit einem solchen Strange unter Umständen gegenüber in dieser Beziehung minder gut organisierten Arten hat, und habe deshalb auch Formen mit rudimentärem und ohne Strang zum Vergleiche herangezogen und bei geringerer Luftfeuchtigkeit gearbeitet.

Die Pflänzchen wurden in kurzen Röhrchen aufgestellt, die mittels Pipetten mit destilliertem Wasser und darauf mit einer Provencerölschicht versehen wurden. Ausserdem waren in der Höhe der Oelschicht die Blättchen entfernt worden, um Wasserverluste durch äussere Leitung vollständig auszuschliessen. Die Luftfeuchtigkeit schwankte zwischen 78 und 80 %. Dann stellte ich an Moospflänzchen ohne Wasser in Prozenten des Frischgewichtes die „Abtrocknung“ und von den eingesetzten den gesamten Gewichtsverlust fest. Nach Abzug der Abtrocknung und des sehr geringen Verlustes des Gefässes an sich musste sich der ungefähre Transpirationsstrom ergeben. Während der vierstündigen Versuchsdauer litten die unverletzten gesträngten Formen fast keine Veränderung der Blätter; die stranglosen wurden nach und nach trocken.

Polytrichum commune von 0,992 g Frischgewicht wies einen durchschnittlichen Verlust von 0,603 g pro Stunde auf,

Mnium undulatum	von 0,298 g	Frischgewicht	0,191 g,
Climacium dendroides	„ 0,258 „	„	0,011 „
Hylocomium triquetrum	„ 0,238 „	„	0,007 „
Hylocomium loreum	„ 0,291 „	„	0,004 „

Verlust, das macht 60,4, 64,1, 4,2, 3 und 1,3 % des Frischgewichts.

Man sieht, dass den Formen mit typisch ausgebildetem Strang unter Umständen ein gewaltiger Vorteil aus ihrer Organisation betreffs der Wasserversorgung erwachsen kann. Sie können noch

---

[1]) Oltmanns: l. c. p. 14.

ungeschwächt transpirieren, wenn schon das Substrat oberflächlich abgetrocknet ist, während bei stranglosen Formen der für die Ernährung günstige Zustand nach jedem Regen oder Tauansatz nur von kürzerer Dauer sein kann. In dem rudimentären Strang findet hingegen nur noch eine sehr geringe Wasserverschiebung statt.

Schneidet man Stämmchen von Mnium undulatum und Hypnum cuspidatum, die eine Stunde lang im Trocknen gelegen haben, quer durch und betupft mit den Schnittflächen durch Erwärmen gebläutes Kobaltchlorürpapier, so tritt bei Mnium durch Wasserabgabe aus dem Centralstrang sofortige starke Rötung ein, während eine solche bei Hypnum kaum zu bemerken ist oder ganz ausbleibt. Erst nach langem Liegen ruft auch das erstere keine Farbenänderung mehr hervor. Der Centralstrang hat demnach Wasser aufgespeichert, das er erst nach längerer Trockenheit an andere Teile der Pflanze abgiebt. Er erfüllt denselben Zweck wie die grossen Kapillarräume der anliegenden Blätter ungesträngter Formen.

Dass er bei genügender Bodenfeuchtigkeit vom Boden aus gefüllt wird, selbst wenn die Luftfeuchtigkeit sehr gross ist, konnte ich folgendermassen nachweisen. Ich stellte Rasen von Mnium punctatum, die unten mit trockener Erde versehen waren, auf einem Teller auf, in den ich vorsichtig ein wenig Wasser gab. Eine Anzahl Pflänzchen wurde isoliert und die äussere Leitung der Stämmchen durch Wegnahme einiger der untersten Blättchen und durch Bestreichen der entlaubten Stellen mit Fett unterbrochen. Dann wurden die Stämmchen mit dem Rasiermesser vorsichtig ihrer Spitzen beraubt. Nach einer Stunde waren unter der Glocke aus den geköpften Stämmchen grosse Tropfen ausgetreten, die sich nach Entfernung durch Fliesspapier bald wieder erneuerten. Es findet somit im Centralstrang auch in fast gesättigter Atmosphäre ein Wassertransport aus dem Boden nach oben statt.

Legt man sich die Frage nach dem Zwecke des starken Wasserverbrauchs der Moose vor, so kommt wohl zunächst der Transport von Nährsalzen in Betracht. Andernteils können die Pflänzchen ihre dünnen, epidermislosen Blätter nur dadurch vor Austrocknung schützen, dass sie ihnen möglichst viel Feuchtigkeit zum Verdunsten zuführen. Während nun in betreff des ersten Punktes die Formen aus Gruppe II und III, die meist ganz oder doch mit den Hauptachsen dem Boden anliegen, durch viele Berührungspunkte mit der Erde die Gewähr haben, die nötigen Salze zu finden, können die letztern von den aufrecht stehenden Moosen der I. Gruppe viel-

fach nur von einem Punkte aus durch Rhizoiden aufgenommen werden, die dafür jedoch längere Zeit thätig sein können und in grosser Anzahl vorhanden sind.

Somit scheint dem Centralstrang doch in erster Linie die Funktion der Wasserzuleitung aus dem Substrat zuzufallen. In Zeiten des Wasserüberschusses füllt er sich mit Wasser und wirkt als Reservoir. Dieses Reservoir empfängt wenig Zufluss aus den Blättern, den Hauptteil vielmehr aus dem Boden. Der Centralstrang greift damit kompensierend und vikarierend ein, und zwar um so mehr, je weniger eine ausreichende Versorgung der Blätter durch äussere Leitung aus irgend einem Grunde möglich ist. Er trägt dadurch zur Verlängerung der Vegetations- und Assimilationsperioden wesentlich bei und führt zugleich die nötigen Nährsalze zu. Auch dürfte ihm die Versorgung der Kapsel und des Vegetationspunktes zum grössten Teile zufallen.

4. Aschengehalt der gesträngten und ungesträngten Laubmoose.

Es lässt sich erwarten, dass die Moose mit Centralstrang einen höheren Aschengehalt aufweisen werden als stranglose; denn durch die bedeutende Wasserströmung aus der Erde nach den Blättern hin können neben den benutzbaren Salzen auch unbrauchbare Stoffe ihren Weg in die Pflanze finden, wie Stahl[1]) neuerdings im Gegensatz zu schwach transpirierenden, mykotrophen für autotrophe Pflanzen mit beträchtlicher Transpirationsgrösse nachgewiesen hat. Sieht man von diesem Blickpunkte aus z. B. die Inaugural-Dissertation von Treffner[2]) durch, so wird man diese Folge der inneren Wasserleitung im allgemeinen unschwer konstatieren können. Treffner fand nach der Tabelle p. 58 an sandfreier Asche für

Mnium affine (mit gut ausgebildetem C.).... 6,39 %,
Funaria hygrometrica (desgl.) ... 5,56 %,
Polytrichum commune (desgl.) .... 2,698 %,
Ceratodon purpureus (mit kleinem C.) ..... 2,8 %,
Hypnum splendens (ohne C.) ..... 2,35 %,
Sphagnum cuspidatum (desgl.) ..... 1,93 %,

Climacium dendroides ist angeführt mit 3,63 %; es steht höher als Polytrichum, obwohl es nur einen sehr schwach ausgebildeten

---

[1]) Stahl: Der Sinn der Mykorrhizenbildung. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Band 34, Heft 4, Seite 634.

[2]) Treffner: Beiträge zur Chemie der Laubmoose. Inaugural-Dissertation. Dorpat 1881.

Strang besitzt. Es hat aber vor Polytrichum den Vorzug, mit einem dichten Rhizoidenmantel bekleidet zu sein, der wohl jene Abweichung veranlasst hat.

Ich habe nach der von Treffner angewandten Methode selbst einige Rohaschebestimmungen [1]) ausgeführt. Die behandelten Moose wurden anfangs September auf Kalkboden im Steiger bei Erfurt gesammelt, auf das sorgfältigste gewaschen und dann noch mittels Lupe und Pincette von Verunreinigungen befreit. Hierauf wurden sie im Glycerin-Trockenofen bei 103° C getrocknet und nach dem Erkalten im Exsiccator schnell gewogen. Die Wägungen durften nicht viel Zeit in Anspruch nehmen, da die trockenen Moose sehr hygroskopisch waren und die benutzten Mengen in einer Minute mehrere mg schwerer wurden. Im Gegensatz hierzu fand ich bei nur lufttrockenen Moosen keine bedeutendere Gewichtszunahme, wenn sie auch stundenlang in feuchter Atmosphäre lagen. Nach dem Wägen wurde jedes Moos in einer Platinschale vorsichtig verascht, die Asche gewogen und darauf in verdünnter heisser Salzsäure, soweit es möglich war, zur Lösung gebracht. Nach mehrmaligem Auswaschen wurde der Filter mit dem Rückstand zwecks Feststellung des Gewichts der ungelösten Bestandteile verbrannt.

So ergab sich einerseits das Gewicht der Rohasche, andererseits dasjenige der noch etwa an den Pflanzen haftenden Boden- und Staubteilchen nebst der Kieselsäure. Auf die quantitative Bestimmung der letzteren wurde verzichtet. Ich erhielt u. a. für Mnium undulatum 6,71 %, Hylocomium triquetrum 5,01 %, Leskea polycarpa 4,89 %, Hylocomium splendens 4,85 %, Hypnum Schreberi 4,01 %, Dicranella heteromalla 3,17 % Asche, im allgemeinen höhere Zahlen als Treffner, so dass wohl auch Bodenart und Klima Einfluss auf die Aschenmenge zu haben scheinen. Aber auch hiernach ist der Aschengehalt der gesträngten Formen ein höherer als derjenigen der wenig oder nicht gesträngten.

---

[1]) Die meisten dieser Bestimmungen habe ich in dem öffentlichen chemischen Laboratorium der Herren Dr. Schimpff und Dr. Erbstein in Erfurt ausgeführt, die mir in selbstloser Weise alle nötigen Instrumente zur Verfügung stellten. Einige Bestimmungen übernahm Herr Dr. Schimpff selbst. Für das liebenswürdige Entgegenkommen sage ich den beiden Herren meinen besten Dank.

Die Frage nach der Bedeutung des Centralstranges lässt sich nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen dahin beantworten, dass in dem Strange eine um so ergiebigere Wasserleitung aus dem Boden nach den Blättern hin erfolgt, je mehr die Luftfeuchtigkeit abnimmt oder die äussere Leitung zurücktritt, dass er also kompensierend und vikarierend eingreift, solange noch genügend Bodenfeuchtigkeit vorhanden ist. Seine Thätigkeit würde bei den meisten Moosen in trockener Luft nicht ausreichen, den Wasserverlust der dünnen Blättchen fortdauernd zu decken; es muss vielmehr ein hoher Feuchtigkeitsgehalt der Umgebung die Wasserdampfabgabe der Pflänzchen weit genug herabsetzen.

III. Ueber die Bedeutung der Spitzen für die Wasserversorgung.

Bei den Moosen treten zwei Arten von Spitzen an den Blättchen auf; viele Moose tragen sogenannte Glashaare (Racomitrium, Hedwigia etc.), die aus leeren, toten Zellen bestehen; viele andere sind mit langen Spitzen versehen, welche chlorophyllhaltige Zellen aufweisen (Dicranum- und Hypnum-Arten). Ueber die Bedeutung dieser Blattspitzen für die betreffenden Moose habe ich schon mehrere Aeusserungen vorgefunden.

Goebel[1]) schreibt den Glasspitzen die Funktionen zu, die Knospen gegen Austrocknung zu schützen und eine Herabsetzung der Transpiration zu bewirken. Diese Funktionen versehen sie ohne Zweifel, da sie nur bei xerophylen Formen auftreten und bei Varietäten, die in feuchter Atmosphäre wachsen, nicht ausgebildet werden (z. B. Racomitrium canescens var. epilosum). Lorch[2]) hatte die Haarspitze von Barbula ruralis in einen Eosintropfen tauchen lassen, ohne dass Eosin aufgesaugt und weiter geleitet worden wäre.

An und für sich sind diese Glashaare nicht leitend, und die Berührung eines Haares mit Wasser bringt dem Blatte noch keinen Vorteil. Sobald jedoch ein Tropfen beim Vorüberfallen mehrere Haare streift, wird er kapillar festgehalten und zwischen die Blätter gesaugt. Die Spitzen wirken als „Auffangestangen“[3]). Sie vergrössern m. E. aber auch den Radius der Pflanzen sehr und damit die Möglichkeit, schon von wenigen Tropfen einige zu erhaschen. Eine Grimmia pulvinata überspannte mit den Spitzen einen Kreis von 5,3 mm, ohne Spitzen nur einen solchen von 2,5 mm, Barbula ruralis Kreise von 8 bezw. $4^1/_2$ mm Durchmesser. Ausserdem ragen die Spitzen der tiefer stehenden Blätter in die

---

[1]) Goebel: Organographie der Pflanzen. 1898. Bryophyten, Seite 368.

[2]) Lorch: Beiträge zur Anatomie und Biologie der Laubmoose. Flora 1894, Seite 461.

[3]) Czapek: Zur Chemie der Zellenmembranen bei den Laub- und Lebermoosen. Flora 1899, Seite 379.

Zwischenräume der oberen, so dass selbst bei geringem Niederschlag wenig Wasser verloren gehen kann. Im Gegensatz zu den Glashaaren leiten dagegen chlorophyllhaltige Spitzen nach meinen Versuchen Eosin sofort weiter, sind also gut benetzbar.

Jönsson[1]) schreibt ihnen den Schutz der Vegetationsspitze und die Ableitung überflüssigen Wassers zu. Sie bilden aber auch wie die Spitzchen der Flechten, worauf mich Professor Stahl aufmerksam gemacht hat, vorzügliche Ansatzstellen für den Tau[2]), wie folgende Versuche zeigen: Pflänzchen von Dicranum scoparium wurden 3 Stunden lang in Alkohol gelegt und dann in eine durch Aether bewirkte Lösung von gleichen Teilen Wachs und Schweinefett gebracht. Nachdem der Aether verdunstet war, zeigten sich die Pflänzchen gleichmässig mit einer dünnen Fettschicht überzogen. Sie wurden nun mit frischen Exemplaren zusammen unter einer Glasglocke über Nacht draussen auf Rasen in natürlicher Lage der Betauung ausgesetzt. Morgens sassen an fast allen Spitzen der eingefetteten Moose kleine Tautröpfchen, auch an solchen, die einen Winkel von 45° nach oben mit der Horizontalen bildeten, während an anderen Teilen der Blätter deren viel weniger zu finden waren. An lebenden Blättchen waren nie Tröpfchen zu bemerken; dieselben hatten den Tau sofort aufgesogen. Derselbe Versuch gelang auch meist, wenn die Moose in einem Gefässe über Wasser standen, das langsam und gelinde erwärmt wurde.

Dass die Stellung der Spitzen nach unten von Vorteil ist, liess sich, wenn auch nicht ganz einwandsfrei, auf folgende Weise demonstrieren: Gleich gut entwickelte, auf obige Weise präparierte Pflänzchen von Dicranum wurden abends teils mit den Spitzen nach oben in verkehrter, teils nach unten in normaler Lage dicht nebeneinander in gleicher Höhe am Rande von Korkscheiben befestigt und der Betauung auf dem Rasen ausgesetzt. Am anderen Morgen zählte ich in einem Falle an den ersteren 11 Tröpfchen, an den letzteren 19, in einem anderen Falle 13 bezw. 24.

Ferner setzte ich 2 je 2,085 g schwere, sorgfältig ausgewaschene und gereinigte gleich grosse Dicranum-Rasen, die ich 10 Tage lang an der Luft getrocknet hatte, der Betauung unter der Glasglocke aus. Am anderen Morgen wog derjenige, dessen Spitzen nach oben standen, 2,215 g, der andere mit abwärts gerichteten

---

[1]) Jönsson: Beobachtungen über die Wachstumsrichtungen bei Moosen. Nach dem Bot. Centralblatt 1899, Beih., Seite 271.

[2]) Die Wassermoose sind selbstverständlich ausgeschlossen.

Spitzen 2,302 g. Wieder angefeuchtet und in den Stellungen umgewechselt ergaben sie folgende Resultate: Vor der Betauung 3,903 g und 3,900 g, nach derselben 3,725 g und 3,872 g. Bei einem anderen Versuche fand ich von zwei je 6,8 g schweren Stücken das Gewicht von 6,43 g und 6,52 g. Die Rasen hatten freilich mehr Wasser verloren als durch den Tau erhalten. Dennoch ist aus den letzteren Versuchen mindestens so viel zu entnehmen, dass die Stellung der Spitzen nach unten wirklich Vorteile für die Wasserökonomie der Pflänzchen hat.

Am augenscheinlichsten wurde dieser Vorteil bemerkbar, als ich im November Dicranum scoparium in natürlicher und umgekehrter Stellung der Bereifung aussetzte. Die nach unten gerichteten Spitzen waren morgens mindestens noch einmal so stark bereift wie die anderen. Der Vorteil der ersteren Stellung mag darin begründet sein, dass die dem Boden entsteigende wasserdampfhaltige Luft durch die Wölbung der vielen Blätter des Moosrasens zu längerem Verweilen genötigt wird und daher an die kälteren Spitzen mehr Wasserdampf abgiebt, als es sonst der Fall wäre.

Nach vorstehendem haben also sowohl die toten Glashaar- als auch die lebenden grünen Blattspitzen für die Wasseraufnahme eine grosse Bedeutung. Die ersteren sind nicht benetzbar, vergrössern aber den Radius der Pflänzchen, ohne viel Baumaterial zu beanspruchen und die Pflanze sehr zu belasten, und bilden Auffange- und Verteilungsorgane; sie sind als Regenfänger nach oben oder nach der Seite gerichtet. Die letzteren sind dagegen leicht benetzbar; sie dienen wohl auch der Ableitung überschüssigen Wassers, bilden aber vor allem bevorzugte Ansatzstellen für den Tau; als Taufänger sind sie nach unten umgebogen. [1])

[1]) Benetzt man die Blätter der verschiedensten Moose mehrmals mit verdünnten Salzlösungen und lässt sie dann abtrocknen, so finden sich die ausgeschiedenen Salze alle an den Spitzen der Blätter angesammelt, wo sie durch Erschütterungen leicht zum Abfallen gebracht werden, der Blattgrund dagegen ist frei von ihnen. Z. B. wird Salpeter in kleinen Körnchen und Stäbchen nahe der Spitze abgelagert, während durch Diphenylaminschwefelsäure an den übrigen Teilen des Blattes keine Spur mehr nachzuweisen ist. Auf ähnliche Weise bilden sich wohl auch teilweise die manchmal zu beobachtenden Mineralkrusten an den Blattspitzen mancher Moosarten, z. B. bei Funaria hygrometrica und Mnium affine.

IV. Zusammenhang zwischen Stärke- oder Zuckerbildung und Transpiration.

Schimper[1]) fand bei seinen Untersuchungen über Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern, dass die Menge der Glykose in den Blättern derjenigen der Stärke umgekehrt proportional ist. Auch A. Meyer[2]) hatte festgestellt, dass in den Blättern vieler Pflanzen, namentlich bei Dicotylen, mehr unlösliche, in anderen, besonders bei Monokotylen, mehr lösliche Kohlehydrate auftreten. Stärkereich fand er z. B. die Papaveraceen, Fumariaceen, Oxalideen, stärkearm die Liliaceen; Allium, Scilla, Anthericum speichern überhaupt nur Zucker. Er bemerkt hierzu: „Die assimilierende Zelle wird um so besser ihre Funktion erfüllen können, je mehr sie befähigt ist, entstehende Kohlehydrate entweder auszustossen, oder sie als unlösliche Stärke zu speichern.“ Stahl[3]) sucht den Vorteil der Stärkebildung nicht nur in der vermiedenen Störung des Assimilationsprozesses, sondern auch in der Förderung der mit der Assimilation so innig verknüpften Transpiration. „Denn“, meint er, „mit der Abnahme der Konzentration des Zellsaftes ist eine leichtere Wasserdampfabgabe verbunden, während umgekehrt eine Zunahme gelöster Substanzen, z. B. von Glykose, eine Erschwerung der letzteren zur Folge haben muss.“ „Stärkeblätter“ findet man bei raschwüchsigen, „Zuckerblätter“ bei trägwüchsigen Gewächsen mit geringer Stoffbildung. Die ersteren zeichnet eine reichliche Wasserdurchströmung und ausgiebige Transpiration aus (Beta vulgaris, Nicotiana, Daucus carota u. a. Nutzpflanzen), die letzteren eine geringe (Gentiana, Ophrydeen, Amaryllideen etc.).

---

[1]) A. F. W. Schimper: Ueber Bildung und Wanderung der Kohlehydrate in den Laubblättern. Bot. Zeitung 1885, Seite 779.

[2]) A. Meyer: Ueber die Assimilationsprodukte der Laubblätter angiospermer Pflanzen. Bot. Zeitung 1885, Seite 452 ff.

[3]) Stahl: Der Sinn der Mykorrhizenbildung. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Band XXXIV, Heft 4, Seite 559 ff.

In Bezug auf die Assimilationsprodukte der Moose hatte schon Schimper[1]) u. a. festgestellt, dass Plagiochila asplenioides keine Stärke bildete. Jönsson[2]) fand in Bryum, Dicranum und anderen Moosen neben Stärke viel Fett, welches sich auch im Centralstrang in Menge nachweisen liess. Diese Fettbildung fasst er als Schutzmittel gegen Erfrieren auf. Dementsprechend wies auch Lidforss[3]) nach, dass Polytrichum und Bryum, die zu anderer Jahreszeit viel Stärke führen, im Dezember und Januar ganz stärkefrei waren, dass dagegen untergetauchte Moose in einem Teiche, dessen Wasser nicht zufror, stets Stärke enthielten.

Die Beobachtung Jönssons bildet eine Ergänzung zu denjenigen von Oltmanns und Coesfeld, die Plasma und Oel im Centralstrang feststellten. Auch ich habe mich davon überzeugt, dass in einzelnen Zellen des Centralstranges Oeltröpfchen vorkommen, nicht nur an kapsellosen, sondern auch an fruktifizierenden Individuen. Der Centralstrang scheint demnach nicht nur die Wasserleitung zu vermitteln, sondern auch der Leitung und Speicherung von Baustoffen zu dienen.

Bei der Untersuchung auf Stärkegehalt wurden die Moosblättchen möglichst frisch mit Jodkalium versehen, dann mit der gleichen Menge Chloralhydrat über der Bunsenflamme erhitzt und nach dem Erkalten bei 525facher Vergrösserung geprüft. Von Moosblättchen mit Papillen (Andreaea, Racomitrium, Thuidium) wurden Querschnitte angefertigt, von Polytrichum mit dem Messer die Lamellen abgehoben und allein behandelt. Viele der Moose wurden auch noch in Krystallschalen mit 5% Kohlensäure dem indirekten Sonnenlicht ausgesetzt, um eine Steigerung der Assimilation hervorzurufen.[4]) Besonnung hemmte in vielen Fällen die Assimilation, z. B. bei Mnium undulatum und Bryum roseum, die im Schatten gewachsen waren, ebenso bei Aulacomnium palustre. Als Vergleichsobjekt wurde immer Bryum roseum bei der Mengenbestimmung benutzt.

---

[1]) Schimper: l. c. p. 780.

[2]) Jönsson: Recherches sur la respiration et l' assimilation des Muscinées. Cf. Bot. Jahresbericht 1896, Beiheft, Seite 426.

Jönsson und Olin: Der Fettgehalt der Moose. Cf. Bot. Centralblatt 1899, Band VIII, Beiheft 4/5, Seite 273.

[3]) Lidforss: Cf. Bot. Centralblatt 1896, Seite 34.

[4]) Ueber die Beeinflussung der Assimilation durch direktes Sonnenlicht etc. vergl. A. J. Ewart: On assimilatory inhibition in plants. Journal of the Linnean Society. 1895, vol. XXXI.

Bei der Untersuchung stellte sich in Uebereinstimmung mit Stahls Angaben heraus, dass die Formen mit Centralstrang leicht und viel Stärke bildeten, diejenigen ohne Centralstrang gar nicht oder nur sehr schwer. Bei den ersteren ergab sich gewissermassen eine Parallele zwischen grösserer oder kleinerer Ausbildung des Stranges und der Menge der Stärke. Z. B. bildeten leicht sehr viel Stärke Hookeria lucens, Mnium hornum, Mnium punctatum, Bryum roseum, Bryum pseudotriquetrum, Funaria hygrometrica, Splachnum ampullaceum, mittelmässig Oligotrichum hercynicum, Polytrichum juniperinum, Ceratodon purpureus, Fissidens adiantoides, Fissidens taxifolius, wenig Eurhynchium rusciforme und Dicranum scoparium (nebst viel Fett [1]), sehr wenig und schwer Hypnum cuspidatum, Hylocomium squarrosum, gar keine oder höchstens Spuren Hylocomium loreum, Hylocomium splendens, Hypnum rugosum, Neckera complanata, Neckera crispa, Thuidium abietinum, Fontinalis antipyretica, Diphyscium foliosum, Andreaea petrophila, Sphagnum acutifolium. Mit Kohlensäure 2 Stunden lang ausgesetzt, (cf. die obige Erläuterung der Methode) liess sich in Formen ohne Centralstrang keine Stärkebildung erzielen. Leucobryum glaucum bildete nur in den Flügeln und ein wenig am Blattrande hinauf Stärke. Auch zeigten verschiedene Hypnaceen Ansammlungen von Stärke in den Blattflügeln, die wohl als Speicher dienen und bei obiger Aufstellung keine Beachtung gefunden haben. In der Rinde der Stämmchen liess sich dagegen bei allen Moosen Stärke nachweisen, selbst bei Sphagnum. Wurden Formen mit schwach entwickeltem Centralstrang in entsprechender Weise behandelt, so steigerte sich die Produktion von Stärke.

Zum Vergleiche wurden auch einige Lebermoose herbeigezogen. Pellia epiphylla und Marchantia polymorpha, die mit vielen Rhizoiden ausgerüstet sind und eine stetige, reichliche Wasserdurchströmung aufweisen [2]), zeigten viel Stärke; nach der Besonnung waren sie damit vollgepfropft. Plagiochila, Frullania dilatata, Trichocolea tomentella, Metzgeria furcata, Sphagnocetis u. a., denen eine stärkere innere Wasserleitung abzugehen scheint, bildeten selbst in der mit Kohlensäure angereicherten Luft keine Stärke.

[1]) Vergl. Ewart: l. c. p. 431.

[2]) Vergl. Kamerling: Zur Biologie und Physiologie der Marchantiaceen. Flora 1897, a. v. O.

Bei einer Prüfung auf reduzierende Zuckerarten mit Fehlingscher Lösung, ausgeführt nach zweistündiger Besonnung, ergab sich auch für die Moose eine Bestätigung der Schimperschen Annahme, dass die Menge der Stärke der Zuckermenge umgekehrt proportional ist. Im Gesichtsfeld des Mikroskopes zeigte sich ganz allgemein bei leicht Stärke bildenden Arten eine geringere Menge von Kupferoxydul-Kristallen als bei den Arten, welche keine Stärke bilden.

Auffällig ist die Armut von Fontinalis und Plagiochila an Assimilationsprodukten überhaupt. Sie bildeten auch auf Rohrzuckerlösung von 3, 6 und 9 % keine Stärke, ebenso wie andere Formen der Gruppen II und III.

Nach den eben mitgeteilten Versuchen bilden also die Moose mit Centralstrang, mit starker Wasserdurchströmung und Transpiration leicht Stärke, diejenigen ohne erhebliche innere Leitung dagegen fast nur Zucker (meist Glukose. Cf. Treffner, l. c., Tabelle). Dass die Zuckermoose durch ihre Art der Speicherung eine erhebliche Verminderung, die Stärkemoose eine Erleichterung der Transpiration erzielen, ist einleuchtend, da eine Anhäufung von löslichen Kohlehydraten die Wasserdampfabgabe von seiten der Zellen herabsetzen muss.

Die verschiedenen Speicherungsarten treten meist mit bestimmten Zellformen verknüpft auf. Funaria, Bryum, Mnium, Hookeria, Splachnum u. a. typische Stärkemoose zeigen, von der Fläche betrachtet, grosse vier- und mehreckige Zellen mit viel Chlorophyll, während Zuckermoose wie Hypnum und Neckera langgestreckte enge, andere wie Andreaea, Barbula- und Racomitrium-Arten kleine Zellchen aufweisen. Auch diese Zellformen scheinen im Zusammenhang mit der Transpiration zu stehen.

Beide Behauptungen finden eine Stütze in den Ergebnissen der folgenden Plasmolyseversuche.

V. Zusammenhang zwischen Plasmolysierbarkeit der Blattzellen und der Art der Wasserversorgung.

Einige Plasmolyseversuche hat schon Copeland[1]) von andern Gesichtspunkten aus vorgenommen. Er machte dieselbe Erfahrung wie ich; auch er fand, dass in Bezug auf die Plasmolysierbarkeit sehr schwankende Verhältnisse vorliegen. Selbst zwei nebeneinanderliegende Zellen verlangen, um gleich stark plasmolysiert zu werden, oft ungleiche Konzentrationen von 1 und mehr Prozent Unterschied. Auch die Zellen der Blattspitzen werden oft erst durch höhere Konzentrationen plasmolysiert, vielleicht weil sie, durch ihre Stellung vom Licht begünstigt, eher und stärker assimilieren als tiefer liegende Teile der Blätter. Dicranum scoparium wies im Blattgrunde, der durch $8^1/_2$ % plasmolysiert wurde, nur Spuren von Stärke auf, in der Spitze dagegen, in der erst durch 11prozentige Lösung Plasmolyse eintrat, viel, ein Zeichen, dass dort eine erheblichere Assimilation stattgefunden hatte. Mnium cuspidatum wurde am Grunde durch $2^1/_2$, an der Spitze durch 6, Grimmia pulvinata durch 10 bezw. 14, Hypnum giganteum durch 8 bezw. $11^1/_2$ % plasmolysiert.

Um möglichst gleiche Verhältnisse zu haben, wurden stets Blätter nahe der Spitze der Pflänzchen zu den Versuchen verwandt und von oben nach unten halbiert; ausserdem fanden nur Zellen aus der Blattmitte bei der Vergleichung der Arten Berücksichtigung. Die Kalisalpeter-Lösungen wurden nach Gewichtsprozenten und mit Intervallen von 1 % hergestellt; die Zwischenstufen von $^1/_2$ % liessen sich leicht schätzen. Als Zeichen der beginnenden Plasmolyse galt das Loslösen des Protoplasmaschlauchs aus einer Zellecke; die Expositionsdauer betrug eine Stunde.

Die Plasmolyse trat ein bei:

	Kali-Salpeter
Mnium cuspidatum (mit gut ausgebildetem Strang, grossen Zellen) durch eine Lösung mit	$2^1/_2$ %

[1]) Copeland: Ueber den Einfluss von Licht und Temperatur auf den Turgor. Inaug.-Dissert. Halle 1896.

	Kali-Salpeter
Bryum roseum (desgl.)	3 %
Funaria hygrometrica (desgl.)	3 %
Aulacomnium palustre (desgl., aber mit kleineren Zellen)	4 %
Fontinalis antipyretica (ohne Strang, mit grossen Zellen, Wassermoos)	5 %
Ceratodon purpureus (mit kleinem Strang, mittelgrossen Zellen)	6 %
Plagiothecium sylvaticum (mit rudimentärem Strang, mittelgrossen Zellen)	$6^1/_2$ %
Fissidens taxifolius (mit kleinem Strang, kleineren Zellen)	8 %
Leucobryum glaucum (ohne Strang, mit langgestreckten Zellen)	8 %
Hypnum cuspidatum (mit rudimentärem Strang, schmalen, linealischen Zellen)	$9^1/_2$ %
Amphoridium Mougeotii (ohne Strang, mit kleinen quadratischen Zellen)	10 %
Grimmia pulvinata (mit verschwindendem Strang, Zellchen oben rundlich)	10 %
Diphyscium foliosum (ohne Strang, Zellen sehr klein)	11 %
Hypnum rugosum (ohne Strang, mit sehr schmalen Zellen)	14 %
Andreaea petrophila (desgl., Zellen sehr klein)	15 %

Bei Fontinalis, Neckera, Plagiothecium und Sphagnum zerfiel der Zellinhalt durch die plasmolytische Einwirkung zunächst in einzelne Teile.

Die zum Vergleich herangezogenen Lebermoose gaben folgende Zahlen:

Pellia epiphylla (mit viel Stärke)	$1^3/_4$ %
Marchantia polymorpha (desgl.)	$2^1/_2$ %
Plagiochila asplenioides (ohne Stärke)	9 %
Frullania dilatata (desgl.)	11 %
Metzgeria furcata (desgl.)	15 %

Es scheint nach obigen Untersuchungen auch wieder eine Parallele zwischen Plasmolysierbarkeit und Art und Weise der Wasseraufnahme zu bestehen. Die Moose mit ausgiebiger innerer Leitung zeigen weniger konzentrierten Zellsaft als die Arten mit vorwiegend äusserer Leitung. Während bei den ersteren die Wasser-

dampfabgabe durch geringere Konzentration des Zellsaftes gefördert wird, erleidet sie bei den letzteren eine Herabsetzung durch grössere Konzentration. Bei jenen werden die Nährsalze vorwiegend durch den inneren Transpirationsstrom aus dem Substrat aufgenommen, bei diesen durch die gesamte Oberfläche.

Zusammenfassung.

Im Laufe der Untersuchung hat sich herausgestellt, dass der Centralstrang für die Wasserversorgung der Moose neben der äusseren Leitung als kompensierendes und vikarierendes Organ betrachtet werden muss, welches u. a. den gesträngten Formen ermöglicht, die Sistierung der Lebensvorgänge bei geringer Luftfeuchtigkeit thunlichst hinauszuschieben. Ferner gestattet er den aufrecht stehenden Formen die Aufnahme der Nährsalze durch den inneren Transpirationsstrom. Die Moosblätter nehmen durch ihre Oberfläche auch von aussen Wasser auf, welches sie jedoch in erster Linie im eigenen Interesse verwenden und nur schwer anderen Teilen zukommen lassen. Die langen, chlorophyllhaltigen Blattspitzen sind bevorzugte Orte für den Tauansatz. Derselbe wird von den leicht benetzbaren Spitzen aufgesogen. — Im Zusammenhange mit der inneren Wasserleitung treten „Stärkeblätter“ auf, welche die Transpiration erleichtern, während die „Zuckerblätter“ der stranglosen und rudimentär gesträngten Formen die Verdunstung erschweren. Die verschiedenen Arten der Speicherung der Assimilationsprodukte stehen also im Dienste der Wasserökonomie.

Die vorliegende Arbeit wurde während der Jahre 1899 und 1900 im botanischen Institute der Universität Jena ausgeführt. Ich gestatte mir, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Stahl, an dieser Stelle für seine mannigfachen Anregungen und das unermüdliche Interesse an den Untersuchungen sowie für sein freundliches Entgegenkommen meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

UB Wien
+AM505844102

Lebensabriss.

Ich, Richard Rostock, wurde am 19. November 1872 zu Blintendorf im Kreise Ziegenrück der preussischen Provinz Sachsen als Sohn des Lehrers Albinus Rostock geboren.

Zunächst besuchte ich die Volksschulen in Mühlberg und Nottleben bei Erfurt, später das Königliche Lehrerseminar in Erfurt.

Ostern 1898 wurde ich als Studierender der Naturwissenschaften an der Universität Freiburg i. B. immatrikuliert und hörte daselbst bei den Herren Professoren Hildebrandt, Oltmanns, Weissmann, Himstedt und Kiliani Vorlesungen über Botanik, Zoologie, Physik und Chemie. Im Herbst 1898 siedelte ich nach Jena über, wo ich bis Ostern 1901 an den Vorlesungen und Uebungen der Herren Professoren Stahl, Detmer, Haeckel, Winkelmann, Knorr, Wolf, Rein, Biedermann, Regel und Dove teilnahm.

Allen meinen hochverehrten Lehrern sage ich meinen wärmsten Dank.