Zur Chemie der Zellmembranen bei den Laub- und Lebermoosen.

Von
Friedrich Czapek.

Im Verlaufe meiner Studien über „Verholzung" tauchte u. a. die Frage auf, ob das Hadromal, der Träger der „Ligninreactionen", sich auch in Mooszellmembranen vorfinden könne, und im weiteren, aus welchen Substanzen die Zellhäute der Muscineen beständen. Nach der Untersuchung von mehreren hundert Arten aus fast allen Moosfamilien und den meisten Gattungen kann ich mich nun bezüglich des Vorkommens von Hadromal dahin aussprechen, dass diese Substanz sich in keinem Gewebe der Moose finden dürfte, nachdem kein einziger Fall von directer Hadromalreaction constatirt und auch kein hadromalhaltiges Extract aus Moosen gewonnen werden konnte.

In einer kleinen aus dem Wiener pflanzenphysiologischen Institute stammenden Arbeit ist G. Gjokic[1]) zu dem Ergebnisse gelangt, dass die Zellwände der Moose mit „Holzstoffreagentien" keine Reaction zeigen.

Durch meine Untersuchungen erscheint dieser Befund bestätigt.

Bei den Versuchen, mit Mooszellmembranen die bekannten Cellulosereactionen direct zu erhalten, stiess ich meist auf Schwierigkeiten, welche mich veranlassten, diese Angelegenheit näher zu erforschen. Im Allgemeinen darf ich sagen, dass relativ sehr wenige Fälle unterliefen, in welchen die Cellulose wie bei höheren Pflanzen direct nachweisbar war. Wenn Gjokic (pag. 3 d. S.-A.) sagt, dass bei Lebermoosen die Cellulose direct und ohne Schwierigkeiten nachzuweisen sei, so ist diese Angabe wohl durch allzu dürftiges Untersuchungsmaterial verursacht. Unser Autor führt auch thatsächlich nur drei Arten als untersucht an. Für die Laubmoose fand Gjokic „den Nachweis der Cellulose mit Schwierigkeiten verbunden".

Dass die Zellmembranen der Muscineen irgendwie von den höheren Pflanzen abweichende Verhältnisse darbieten, zeigen manche in der Litteratur niedergelegte gelegentliche Beobachtungen. So fand G. Ruge[1]) an den mechanischen Elementen von *Physiotium majus* keine directe Cellulosereaction; es trat jedoch die Reaction ein nach vorherigem Erwärmen des Präparates mit Kalilauge. Kalte Kalilauge erzeugte

1) Oesterr. bot. Zeitschr. 1895 Nr. 9.

2) Beiträge z. Kenntn. d. Veg.-Org. d. Lebermoose. Flora 1893 pag. 301.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00365-0

an den Membranen sofort Gelbfärbung. Mit Eisenchlorid trat in den Membranen blauschwarze Färbung auf. Ruge schloss hieraus auf einen gerbstoffartigen Körper. Aehnliche Befunde constatirte dieser Forscher an *Frullania dilatata* und *Mastigobryum trilobatum*.

Kamerling[1]) fand in der Wand aller Rhizoiden von Marchantia Cellulosereaction; es war jedoch die Membransubstanz nur schwierig löslich in Kupferoxydammoniak. Millon's Reagens bewirkte deutliche Rothfärbung.

An den Membranen der Blattzellen von *Polytrichum commune* sah F. Krasser[2]) Eintritt der Millon'schen Reaction, ein Befund, welcher später von Correns[3]) an *„Polytrichum sp."* bestätigt wurde.

Meine Erfahrungen bezüglich der qualitativen Reactionen an Mooszellmembranen lassen sich folgendermaassen kurz zusammenfassen.

1. In der Regel erhält man bei den Muscineen keine directe Cellulosereaction der Zellwände, wohl aber in allen Fällen nach kürzerem oder längerem Kochen mit Natronlauge.

2. Sehr häufig geben die Zellhäute der Moose die Millon'sche Reaction oder eine schwarzgrüne Eisenreaction, sowie lebhafte Gelbfärbung mit kalter Natronlauge. Sehr oft schliessen sich Millon'sche Reaction und Eisenprobe gegenseitig aus, während sie in anderen Fällen an demselben Objecte neben einander zu erzielen sind.

Es war nun die Aufgabe gestellt, die betreffenden Substanzen der Mooszellmembranen näher zu studiren, sowie deren Verbreitung und Bedeutung kennen zu lernen.

Ein ausgezeichnetes Object zum Studium jener Membransubstanz, welche die Millon'sche Reaction gibt, ist unter den Lebermoosen *Trichocolea Tomentella*, von den Laubmoosen Sphagnum in sämmtlichen Arten. Hier geben alle Membranen äusserst intensiv die Millon'sche Reaction in hellcarminrothem Farbentone. Torfmoos bot auch ein leicht in grösseren Mengen rein zu erhaltendes Material zur chemischen Untersuchung der Substanz. Der Körper liess sich isoliren, er besitzt phenolartigen Charakter und sei deshalb als „Sphagnol" bezeichnet.

Die gerbstoffartige Verbindung, welche Ruge zuerst in einigen Lebermooszellmembranen gefunden hatte, ist sehr weit bei Laub- und Lebermoosen verbreitet. Als Darstellungsmaterial ist gut geeignet

1) Flora, Ergänzungsbd. 1897 pag. 5.

2) Krasser, Untersuchungen über d. Vork. v. Eiweiss in d. pflanzl. Zellhaut. Wiener Akad. Sitzber. Bd. XCIV I. Abth. Dez. 1886 pag. 146 (pag. 29 d. S.-A.).

3) Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 26 pag. 628 (1894).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00366-6

Mastigobryum trilobatum, sämmtliche Gottscheaarten, *Leucobryum glaucum* und Dicranumarten. Die Substanz wurde gleichfalls isolirt und sei als „Dicranumgerbsäure" vorläufig beschrieben.

Die Darstellung und die chemischen Eigenschaften des Sphagnols.

Das Sphagnol ist aus den Zellmembranen von Sphagnum durch Säuren, durch Zinnchlorür oder Natriumbisulfit nicht abspaltbar, wie es beim Hadromal aus Holzzellwänden der Fall ist. Der Umstand aber, dass nach Kochen von Sphagnum mit Natronlauge allenthalben ohne Weiteres directe Bläuung der Membranen durch Chlorzinkjodlösung zu erzielen ist, deutete darauf hin, dass kochende Alkalien den gewünschten Zweck erfüllen würden, was auch im Versuche bestätigt wurde.

Die Methode zur Darstellung des Sphagnols ist in folgenden Vorschriften enthalten.

Das auf mechanischem Wege gereinigte frische Material (*Sphagnum acutifoliun*) wird bei 30° C. im Thermostaten getrocknet, hierauf möglichst fein zerschnitten und zerrieben. Zunächst wird das Material im Extractionsapparate mit Aether erschöpft, sodann mit 96proc. Alkohol vollständig extrahirt und schliesslich mit destillirtem Wasser so lange ausgekocht, bis das Extract vollkommen farblos ist und nicht mehr beim Schütteln schäumt. Man entfernt hiedurch, wie die mikroskopische Untersuchung des extrahirten Materials zeigt, so gut wie sämmtliche Inhaltskörper der plasmaführenden Zellen, während an den Membranen keine Veränderung sichtbar ist. Nun lässt man eine 2—3 Stunden währende Behandlung mit destillirtem Wasser im Autoclaven bei drei Atmosphären Ueberdruck folgen. Es geht ein braungefärbtes Extract in Lösung, welches aufgehoben wird, nachdem es eine Quantität Sphagnol (nach der kirschrothen Millon'schen Reaction zu schliessen) enthält. Das Moos wird nun abgepresst und mit 1proc. Natronlauge eine Stunde lang bei drei Atmosphären im Autoclaven gekocht; vom Extracte wird neuerdings abgepresst und die Behandlung mit 1proc. Natronlauge noch zweimal in der gleichen Weise wiederholt. Die vereinigten Extracte werden nun mit Schwefelsäure neutralisirt und eingedampft. Der trockene und gepulverte Verdampfungsrückstand wird im Extractionsapparat mit 96proc. Alkohol vollkommen erschöpft. Das Sphagnol geht in den Alkohol über und wird nach Abdestilliren des Alkohols in wässerige Lösung übergeführt. Die gelbbraune, wässerige Lösung scheidet beim Stehen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00367-2

nach längerer Zeit farblose, nicht gut ausgebildete Krystalldrusen ab, welche dem gesuchten Körper angehören.

Der geringen Quantität wegen musste eine weitere Reinigung der Substanz unterbleiben, und ich beschränkte mich auf die Feststellung der Eigenschaften des Rohsphagnols, wie es nach Absaugen der gelben, syrupösen Mutterlauge und vorsichtigem Waschen der Krystalle sich darstellt. Die Substanz ist geruchlos, auch beim Erwärmen. Auf dem Platinblech erhitzt, schmilzt sie schon bei geringem Erwärmen, färbt sich dann unter Aufblähen dunkel und hinterlässt nach dem Glühen keinen merklichen Aschenrückstand.

Sie ist in Wasser und Alkohol leicht löslich, unlöslich in Aether. Die wässerige Lösung reagirt auf Lackmus neutral. In Alkalien löst sich die Substanz sehr leicht und wird durch Säuren aus der alkalischen Lösung gefällt.

Mit Schwermetallsalzen wird Sphagnol niedergeschlagen. So entstehen flockige Niederschläge mit Bleiacetat, Kupfersulfat, Quecksilberchlorid, Eisenchlorid und Silbernitrat.

Mit Eisensalzen tritt rothbraune Färbung ein.

Alkalische Kupfersalzlösung und ammoniakalische Silberlösung werden weder in der Kälte, noch beim Kochen reducirt.

Mit dem Liebermann'schen Reagens (6proc. Auflösung von Kaliumnitrit in conc. H_2SO_4) röthlichbraune Färbung.

Sehr intensiv ist die Millon'sche Probe, welche schön kirschroth aussieht.

Mit Hadromal und HCl tritt nach einiger Zeit Rothfärbung ein.

Die Substanz ist sicher stickstofffrei, wie der negative Ausfall der Lassaigne'schen Probe beweist.

Mit Ferrocyancalium und Essigsäure ist auch in der Mutterlauge der Krystalle keine Eiweisssubstanz nachzuweisen.

Nach diesem vorläufigen Befunde scheint die Substanz thatsächlich ein phenolartiger Körper zu sein, weswegen ich für sie den Namen „Sphagnol" gebraucht habe. Die nähere chemische Untersuchung des Sphagnols sei einer späteren Publication vorbehalten.

Aus den Eigenschaften des Sphagnols und dem chemischen Verhalten der Zellwände geht wohl bestimmt hervor, dass es in den Zellmembranen in chemischer Bindung vorhanden sein muss, und das Erscheinen der intensiven Cellulosereactionen nach Extraction der Substanz deutet darauf hin, dass in den Zellhäuten von Sphagnum ursprünglich ein Sphagnolcelluloseäther vorlag. Wir haben somit den zweiten Fall von aromatischen Celluloseresten in Zell-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00368-8

membranen (nach Sicherstellung des Hadromalcellulosides[1]) in verholzten Membranen) kennen gelernt.

Der extrahirte Rückstand gibt in der Regel in den Blattpartikeln gar keine Millon'sche Reaction, in den Stammpartikeln die Reaction ganz schwach, es ist somit das Sphagnol fast vollständig extrahirt.

Mit starker Natronlauge lässt sich aus Sphagnum eine ansehnliche Menge von „Pectinsubstanz" extrahiren, welcher also gewiss ein bedeutender Antheil an der Zellmembransubstanz zukommt. Dieses „Pectin" lässt sich durch Neutralisiren als dicker, gallertiger Niederschlag fällen.

Darstellung und Eigenschaften der Dicranumgerbsäure.

Als Ausgangsmaterial für die makrochemische Untersuchung diente mir *Leucobryum glaucum*. Das zerkleinerte Material wurde mit Aether, 96proc. Alkohol und Wasser der Reihe nach ausgekocht und erschöpft. Als beste Methode zur Abspaltung der Gerbsäure diente (nachdem alle früher angewendeten Extractionsmittel den Moosmembranen den Körper nicht entziehen) 1—2stündiges Erhitzen des Materials mit Wasser im Autoclaven bei 3—5 Atmosphären Ueberdruck. Kochen mit Natronlauge zerstört die Substanz. Die wässerige Lösung wurde eingeengt, mit 96proc. Alkohol versetzt, worauf die Gerbsäure als brauner Niederschlag ausfiel. Eine weitere Reinigung dieses Rohproduktes gelang mir bisher nicht. Ich muss mich daher auf die Aufzählung einiger Reactionen beschränken.

Die concentrirte braune wässerige Lösung der Gerbsäure reagirt auf Lackmus sauer.

Dicranumgerbsäure ist in kaltem Wasser leicht löslich, in starkem Alkohol sehr wenig löslich, in Aether unlöslich.

Mit Alkalien färbt sich die wässerige Lösung dunkelgelb. Säuren fällen die Substanz nicht.

Bleiacetat erzeugt flockigen Niederschlag. Mit Eisenchlorid dunkelgrüne Reaction, kein Niederschlag. Mit Kupfersulfat keine Fällung. Alkalische Kupferlösung wird nicht reducirt beim Kochen. Silbernitrat erzeugt eine flockige Fällung, die in Ammoniak löslich ist. Beim Kochen fällt kein metallisches Silber aus.

Liebermann's und Millon's Probe mit negativem Ergebniss.

Leimlösung wird gefällt.

---

1) Wir können analog der Benennung „Glucosid" in solchen Fällen auch von „Cellulosiden" sprechen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00369-6

Die Substanz ist nach dem Ausfalle der Lassaigne'schen Probe stickstofffrei.

Nach Extraction der Gerbsäure ist an den Zellmembranen allenthalben Cellulosereaction zu erzielen.

Wie ich aus Untersuchungen an verschiedenen Laub- und Lebermoosen ersah, lässt sich bisher nicht behaupten, dass mehrere Gerbsäuren zu unterscheiden sind. Ich erhielt in sämmtlichen Fällen Substanzen, welche übereinstimmend die angeführten Reactionen zeigten, somit, wenigstens vorläufig, als „Dicranumgerbsäure" zusammengefasst werden dürfen.

Nachdem es sich bei der Dicranumgerbsäure um eine in Wasser leicht lösliche Substanz handelt und die Gerbsäure durch kochendes Wasser unter gewöhnlichem Luftdruck auch nicht in Spuren den Zellmembranen entzogen werden kann, sondern erst durch Anwendung von erhöhtem Druck oder Natronlauge, so ist es sehr wahrscheinlich, dass nach Analogie anderer Stoffe der Zellmembran auch die Dicranumgerbsäure in esterartiger Bindung in der Membransubstanz vorliegt. Wahrscheinlich ist auch die Gerbsäure an Cellulose gebunden.

Vorkommen des Sphagnols und der Dicranumgerbsäure.

Ich gebe im Nachfolgenden eine systematische Uebersicht über die einzelnen untersuchten Arten der Laub- und Lebermoose und die erzielten Untersuchungsbefunde. Ich hatte, trotzdem sich weiter zu verfolgende Beziehungen zur Systematik der Moose ergaben, hier nicht die Absicht, möglichst vollständig zu sein, sondern suchte nur die Familien und die wichtigsten Gattungen zur Untersuchung zu bringen.

1. Hepaticae.[1])

Ricciaceae:

Riccia ciliata Hoffm. Herbarmaterial. Die Zellmembranen des Thallus und der Wimpern geben schöne Violettfärbung mit Chlorzinkjod. Kein Millon, keine Eisenreaction.

Ricciocarpus natans (L.) Corda. Frisches Material. Allenthalben Cellulosereaction direct erzielbar. Kein Millon, keine Eisenreaction.

Oxymitra pyramidata verhält sich genau wie die Marchantiacee. Millon in Rhizoiden und Thallus.

Marchantiaceae:

Lunularia cruciata (L.) Dum. Frisches Material. Directe Blaufärbung mit Chlorzinkjod nur an den Zellmembranen des assimilato-

1) Das Untersuchungsmaterial zahlreicher exotischer Lebermoose stammt aus dem reichhaltigen Herbar des Herrn Prof. Dr. Schiffner in Prag, und ich nehme gern den Anlass, für die Ueberlassung der Untersuchungsproben meinem geehrten Herrn Collegen den besten Dank zu sagen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00370-7

rischen Gewebes erzielbar. Millon's Reagens erzeugt Rothfärbung an den Membranen aller Rhizoiden, der Epidermiszellen, der Zellen des chlorophyllarmen Thallusrandes. Kocht man mit Natronlauge und versucht nach Auswaschen die Chlorzinkjodreaction, so färben sich die Membranen aller Rhizoiden, der Thallusrandzellen und der Epidermis violett. Eisenreaction nirgends zu erzielen.

Marchantia palmata Nees. Frisches Material. Derselbe Befund. Die Membranen der Zäpfchenrhizoiden färben sich, mit Millon'schem Reagens erwärmt, dunkler roth als jene der glatten.

M. polymorpha. Frisches Material. Millon'sche Reaction positiv bei allen Membranen. Die Membran der Zäpfchenrhizoiden gibt direct ganz schwache Violettfärbung mit Chlorzinkjod; die Zäpfchen selbst schienen mir dabei farblos zu bleiben. Nach Behandlung mit heisser Natronlauge ist allenthalben starke Violettfärbung mit Chlorzinkjod zu erzielen.

Fegatella conica. Frisches Material. Verhält sich ganz analog.

Jungermanniaceae anakrogynae:

Aneura palmata. Herbarmaterial. Membranen geben direct Bläuung mit Chlorzinkjod. Kein Millon, keine Eisenreaction.

Metzgeria furcata. Frisches Material. Sehr schwache Cellulosereaction direct; dieselbe sehr stark nach vorherigem Kochen mit Natronlauge allenthalben. Millon ganz schwach. Keine Eisenreaction.

Blasia pusilla L. Herbarmaterial. Starke Millon'sche Reaction, besonders an den Membranen der Rippenzellen. Directe Cellulosereaction fehlt.

Jungermanniaceae akrogynae.

Jungermannia albicans L. Herbarmaterial. Millon in Blattrippen und Stämmchen constatirbar. Keine directe Cellulosereaction, keine Gerbsäurereaction.

J. bicuspidata. Frisches Material. Schwache directe Bläuung mit Chlorzinkjod. Schwacher Millon. Keine Eisenreaction.

J. byssacea. Herbarmaterial. Kein deutlicher Millon. Schwache directe Cellulosereaction an den Membranen der Blattzellen und der Rhizoiden.

J. fimbriata Hook. Herbarmaterial aus S. Thomé (H. Schiffner). Millon rothbraun. Starke Gerbsäurereaction.

J. setiformis Ehrh. Herbarmaterial. Millon im Stämmchen und in den Blattzellmembranen ziemlich stark. Keine directe Chlorzinkjodreaction.

J. tersa Nees. Herbarmaterial. Millon nicht constatirbar. Deutliche Cellulosereaction direct erzielbar an den Membranen der Rhizoiden und des Blattcollenchyms.

J. trichophylla. Herbarmaterial. Schwacher Millon. Keine directe Chlorzinkjodreaction. Gerbsäurereaction deutlich.

Lophocolea bidentata (L.). Herbarmaterial. Kein Millon. Schwache Cellulosereaction direct.

L. heterophylla. Frisches Material. Ebenso.

L. muricata. Herbarmaterial aus Chili (Herb. Schiffner). Kein

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00371-2

Millon. Schwarzgrüne Eisenreaction. Gelbfärbung mit Natronlauge. (In allen Zellmembranen gleichmässig.)

Harpanthus Flotowianus Nees. Herbarmaterial. Millon überall deutlich. An Rhizoiden und Blattzellen schwache directe Cellulosereaction.

Sarcoscyphus emarginatus. Herbarmaterial. Die collenchymatischen Verdickungen der Blattzellwände geben Millon's Reaction. Directe Bläuung mit Chlorzinkjod hie und da schwach an den Randzellen. Nach Kochen mit Natronlauge allenthalben starke Cellulosereaction.

Plagiochila asplenioides (*L.*). Frisches Material. Keine directe Cellulosereaction. Sehr starker Millon in allen Membranen.

Lepidozia reptans. Frisches Material. Keine Gerbsäurereaction.

Mastigobryum trilobatum (*L.*). Herbarmaterial. Kein Millon. Starke Gerbsäurereaction.

Ptilidium ciliare (*L.*). Herbarmaterial. Kein Millon. Gerbsäurereaction positiv.

Mastigophora diclados Nees. Herbarmaterial. S. Thomé (H. Schiffner). Wie vorige.

Lepicolea ochroleuca (*Sprg.*). Magellanstrasse (H. Schiffner). Kein Millon. Starke Gerbsäurereaction, besonders in den Mittellamellen der Membranen.

Isotachis uncinata. Mauritius (H. Schiffner). Wie vorige.

Trichocolea Tomentella (*Huds.*). Herbarmaterial. Prachtvoller Millon in der ganzen Pflanze. Keine directe Cellulosereaction. Nach Kochen mit NaOH überall starke Chlorzinkjodbläuung.

Trichocolea lanata. Neuseeland (H. Schiffner). Ebenso.

Lepidolaena clavigera (*Hook.*). Neuseeland (H. Schiffner). Allenthalben starker Millon. Mit Chlorzinkjod keine Färbung, starke Membranquellung. Keine Eisenreaction.

L. Taylori. Neuseeland (H. Schiffner). Ebenso.

Scapania undulata Nees. Alkoholmaterial. Directe Cellulosereaction an den Membranen der Blattzellen und des Sporogonstieles. Millon und Gerbsäurereaction negativ.

Gottschea sciurea. Amboina (H. Schiffner). Kein Millon. Ueberall Gerbsäurereaction.

G. Blumei. Java (H. Schiffner). (Mässig lange Paraphyllien.) Kein Millon. Starke Gerbsäurereaction. An abgestorbenen Blättern deutliche directe Cellulosereaction.

G. laminigera Hook. f. et Wils. Neuseeland (H. Schiffner) und *G. lamellata*, Magellanstrasse (H. Schiffner), verhalten sich ebenso.

Radula complanata Dum. Herbarmaterial. Kein Millon. Schwache Cellulosereaction direct.

Physiotium cochleariforme Nees. (H. Schiffner). Kein Millon. Starke Gerbsäurereaction.

Ph. giganteum. Singalang auf Sumatra (H. Schiffner). Ebenso. Gerbsäurereaction an den rothbraunen Partien der Pflanzen stärker.

Madotheca platyphylla (*L.*) Frisches Material. Keine directe Cellulosereaction. Schwacher Millon im Blattparenchym.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00372-8

Lejeunia serpyllifolia Lib. Herbarmaterial. Schwacher Millon.
Frullania dilatata. Frisches Material. Gerbsäurereaction.
F. Tamarisci. Herbarmaterial. Wie vorige.
F. nigricaulis. Java (H. Schiffner). Ebenso.
F. sp. (usneoider Habitus), Java (H. Schiffner). Gerbsäurereaction. Mit Chlorzinkjod starke Membranquellung, keine Färbung.
Anthoceroteae:
Anthoceros punctatus. Herbarmaterial. Kein Millon.

2. Musci.

Sphagnales:
Sphagnum fimbriatum. Herbarmaterial. Ueberall schöner Millon. Randzellen der Blätter geben schwache deutliche Cellulosereaction direct.
Sph. cuspidatum Ehrh. Derselbe Befund.
Sph. recurvum P. B. Herbarmaterial. Wie vorige.
Sph. compactum Brid. Millon sehr stark. Allenthalben aber auch sehr schwache Cellulosereaction direct.
Sph. acutifolium Ehrh. Frisches Material. Sehr starker Millon. Wenn mehrere Blätter auf einander liegen, so hat die Chlorzinkjodreaction einen Stich ins Violette.
Andreaeales:
Andreaea petrophila Ehrh. Herbarmaterial. Millon zweifelhaft.
Bryales:
Weisiaceae
Gymnostomum rupestre Schleich. Herbarmaterial. Sehr deutlicher Millon in den verdickten Wänden des Blattparenchyms und der Mittelrippe. Keine directe Cellulosereaction.
Hymenostylium curvirostre Lindl. var. scabrum. Herbarmaterial. Millon stark in Blattrippe, Parenchym, Papillen; fehlt in Rhizoiden, Seta, Kapsel. Keine directe Cellulosereaction.
Eucladium verticillatum (*L.*). Herbarmaterial. Millon stark in Blattrippe, Parenchym, Papillen, fehlt in Rhizoiden. Keine directe Cellulosereaction.
Rhabdoweisiaceae:
Cynodontium strumiferum (*Ehrh.*) *Not.* Herbarmaterial. Schwache directe Cellulosereaction. Millon gelbroth an den Blattspitzen, nicht am Blattgrunde. Gerbsäurereaction mit Eisensalz am Blattgrunde localisirt.
Oreoweisa Bruntoni Milde. Herbarmaterial. Im Rhizoidenfilz mit Chlorzinkjod stellenweise directe Bläuung. Millon durchaus negativ. Gerbsäurereaction im Blattzellnetz, nicht in den Rhizoidenmembranen.
Dichodontium pellucidum Schimp. Herbarmaterial. Millon und Cellulosereaction negativ. Starke Gerbsäurereaction.
Dicranaceae:
Dicranella cerviculata Schimp. Herbarmaterial. Kein Millon, keine Cellulosereaction. Starke Gerbsäurereaction.
Dicranum longifolium (*Ehrh.*). Herbarmaterial. Kein Millon, keine Cellulosereaction. Intensive Gerbsäurereaction. Ebenso verschiedene andere deutsche Dicranumarten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00373-4

Campylopus subulatus Schimp. Herbarmaterial. Wie bei voriger Gattung.

Leucobryaceae:

Leucobryum glaucum Schimp. Herbarmaterial. Millon gibt schwache Gelbfärbung. Intensive Eisenreaction und Gelbfärbung mit Natronlauge. Keine Cellulosereaction direct.

Fissidentaceae:

Fissidens taxifolius Hedw. Frisches Material. Millon deutlich im Blattparenchym und Rippe. Chlorzinkjodprobe direct negativ, mit starker Membranquellung.

Ditrichaceae:

Ceratodon purpureus Brid. Frisches Material. Millon und Cellulosereaction negativ. Gerbsäurereaction positiv.

Ditrichum homomallum Hampe. Herbarmaterial. Millon in den Blattzellmembranen bräunlichroth.

Pottiaceae:

Barbula convoluta Hedw. Herbarmaterial. Nirgends Millon oder Cellulosereaction. Ueberall Gerbsäurereaction.

Tortula muralis. Herbarmaterial. Starke Gerbsäurereaction, auch in den Papillen, nicht aber in den Haarspitzen.

Grimmiaceae:

Cinclidotus riparius (*Host.*). Herbarmaterial. Millon in Blattrand und Rippe deutlich. Die Eisenreaction stärker, ebenso localisirt wie Millon. Mit Chlorzinkjod starke Quellung, keine Bläuung.

Schistidium alpicola var. β rivulare Wahlenb. Herbarmaterial. Schwacher Millon im Blattparenchym. Keine Cellulosereaction. Schwache Gerbsäurereaction.

Grimmia leucophaea Grev. Herbarmaterial. Kein Millon. Starke Gerbsäurereaction. Directe Cellulosereaction nur in der Haarspitze der Blätter.

Racomitrium canescens Brid. Herbarmaterial. Millon negativ. Nur in den hyalinen Blatspitzen sehr schwache directe Cellulosereaction, sonst nirgends. Starke Gerbsäurereaction, auch in den Papillen, nicht aber in den Haarspitzen. — Bei *R. lanuginosum* geben die Haarspitzen deutliche Cellulosereaction.

Orthotrichaceae:

Ulota americana Mitt. Herbarmaterial. Cellulosereaction und Millon negativ. Deutliche Gerbsäurereaction.

Orthotrichum rivulare Turn. Herbarmaterial. Wie vorige. Alle deutschen Orthotrichen verhalten sich gleich.

Encalyptaceae:

Encalypta vulgaris Hoffm. Herbarmaterial. Millon deutlich im Blattparenchym, in den Rippen, Papillen. Gerbstoffreaction ungefähr gleich localisirt, deutlich. Directe Cellulosereaction im unteren Theil der Calyptra, in den Rhizoiden.

Funariaceae:

Entosthodon fascicularis C. Müll. Herbarmaterial. Im Blattparenchym schwache Chlorzinkjodbläuung. Deutliche intensive Gerbsäurereaction.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00374-0

Funaria hygrometrica Sibth. Frisches Material. Derselbe Befund. Gerbsäurereaction besonders am Blattgrunde.

Bryaceae:

Bryum caespiticium L. Frisches Material. Kein Millon, keine Cellulosereaction. Starke Gerbstoffreaction, auch in Blattspitzen und Rhizoiden. — Derselbe Befund bei einer grossen Zahl anderer einheimischer Bryumarten.

Mnium punctatum Hedw. Herbarmaterial. Sehr schwacher Millon im Blattzellnetz. Gerbstoffreaction an Blattrand, Rippe, Rhizoiden.

Mn. hornum. Frisches Material. Blattzellmembranen geben schwache Cellulosereaction, die inneren Zelllagen im Stämmchenquerschnitt ebenfalls. Millon negativ. Die dickwandigen Elemente geben schwärzlichgrüne Eisenreaction.

Aulacomniaceae:

Aulacomnium androgynum Schwägr. Altes Herbarmaterial. Millon schwach bräunlich.

Bartramiaceae:

Bartramia pomiformis Hedw. Frisches Material. Millon gelbbraun. Keine Eisenreaction. Keine Cellulosereaction.

Philonotis fontana Brid. Herbarmaterial. Allenthalben intensive Eisenreaction. Millon erzeugt bräunlichrothe Reaction in den Blattrippen.

Polytrichaceae:

Catharinaea undulata Web. & Mohr. Herbarmaterial. Allenthalben intensive Eisenreaction, auch in den Haaren. Mit Chlorzinkjod starke Quellung der Membranen, nur an den Randzellen der Blätter schwache Violettfärbung. Millon in den Blattrippen braunröthlich.

Polytrichum piliferum Schreb. Frisches Material. In den Blattrippen rothbraune Millon'sche Reaction. Mit Chlorzinkjod werden die Membranen der Blattgrundzellen und die Haare der Haube violett. Gerbsäurereaction im oberen Theile der Blätter und in den Rippen.

Polytrichum commune. Frisches Material. Derselbe Befund. Im Leptom im Stämmchenquerschnitt keine Blaufärbung mit Chlorzinkjod.

Georgiaceae:

Georgia pellucida Rab. Frisches Material. Deutlicher Millon im Blattparenchym und in den Rippen. Keine Gerbsäurereaction. Nur in den Rhizoiden Cellulosereaction.

Buxbaumiaceae:

Diphyscium sessile Lindl. Herbarmaterial. Millon mit bräunlichem Ton. Schwache Gerbsäurereaction in den Blattrippen, sonst fehlend. Mit Chlorzinkjod starke Quellung der Membranen, keine Färbung.

Fontinalaceae:

Fontinalis antipyretica L. Herbarmaterial. Millon stark und schön in Stämmchen und Blattzellenmembranen. Leichte Spur von Eisenreaction. Keine Chlorzinkjodbläuung.

Dichelyma falcatum Myr. Herbarmaterial. Genau wie vorige.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00375-6

Cryphaeaceae:

Leucodon sciuroides Schwgr. Herbarmaterial. Starker Millon an Blattgrund und Stämmchen. Keine Chlorzinkjodbläuung.

Neckeraceae:

Neckera crispa Hedw. Herbarmaterial. Deutlicher Millon in allen Blattzellmembranen. Keine Cellulosereaction. In den älteren Blättern leichte Eisenreaction.

Homalia trichomanoides (*Schreb.*). Herbarmaterial. Ueberall deutliche Millon'sche Reaction der Zellmembranen.

Leskeaceae:

Leskea polycarpa Ehrh. Herbarmaterial. Millon positiv. Keine Cellulosereaction.

Anomodon viticulosus Hook. et Tayl. Herbarmaterial. Schöne Millon'sche Reaction allenthalben in den Membranen. Keine Cellulosereaction.

Heterocladium squarrosulum Lindl. Herbarmaterial. Intensiver Millon. Keine Färbung, aber starke Quellung mit Chlorzinkjod.

Thuidiam tamariscinum (*Hedw.*). Frisches Material. Millon positiv. Quellung und keine Färbung mit Chlorzinkjod.

Hypnaceae:

Pylaisia polyantha (*Schreb.*). Herbarmaterial. Millon deutlich. Keine Cellulosereaction.

Climacium dendroides Web. et Mohr. Herbarmaterial. Intensiver Millon. Keine Cellulosereaction.

Isothecium myurum Brid. Herbarmaterial. Intensiver Millon. Keine Cellulosereaction.

Homalothecium sericeum Br. et Sch. Herbarmaterial. Wie vorige.

Camptothecium nitens Schreb. Herbarmaterial. Millon deutlich. Keine Cellulosereaction.

Brachythecium Rutabulum Br. et Sch. Herbarmaterial. Derselbe Befund.

Eurrhynchium striatum Schimp. Herbarmaterial. Millon stark. Chlorzinkjod erzeugt starke Quellung, keine Färbung.

Rhynchostegium megapolitanum (*Dicks.*). Herbarmaterial. Wie vorige.

Thamnium alopecurum Br. et Sch. Herbarmaterial. Millon sehr stark. Keine Cellulosereaction.

Plagiothecium silesiacum Beauv. Herbarmaterial. Millon positiv. Keine Chlorzinkjodbläuung.

Amblystegium serpens. Frisches Material. Millon schwach, Mittellamelle der Membranen am intensivsten roth. Keine Cellulosereaction.

Hypnum Schreberi W. Herbarmaterial. Millon positiv. Keine Cellulosereaction.

H. filicinum L. Herbarmaterial. Milon positiv. Stellenweise an den Blattzellen Violettfärbung der Membranen durch Chlorzinkjod.

H. cupressiforme L. Frisches Material. Millon positiv. Keine Cellulosereaction. Violette Eisenreaction.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00376-2

Hylocomium triquetrum. Herbarmaterial. Millon intensiv, wie überall bei den Hypnaceen in der Rippe am stärksten. Chlorzinkjod gibt keine Färbung, etwas Quellung. Alle Hypnaceen geben in ihren Blattzellmembranen eine leichte, deutliche Eisenreaction, grün oder violett.

Bei artenreichen Gattungen habe ich mich nicht mit der Untersuchung der in vorstehendem Verzeichnisse aufgezählten Formen begnügt, sondern stets eine grössere Artenzahl verglichen. Ich constatirte in allen Fällen, dass sich die Arten einer Gattung vollkommen gleich verhalten und habe deswegen die Befunde nicht vollständig angeführt. Es wurde ferner auch Rücksicht genommen auf verschiedenen Standort ein und derselben Art, und Schatten- wie Sonnenformen, fluthende Wasserformen und Landformen untersucht, ohne dass sich eine Differenz in dem chemischen Verhalten der Zellwände ergab.

Es ist somit die chemische Zusammensetzung der Zellwände für eine bestimmte Species vollkommen constant in Hinblick auf den Gehalt an Sphagnol, Dicranumgerbsäure und an direct nachweisbarer Cellulose.

Wie die Durchsicht der mitgetheilten Untersuchungsresultate lehrt, beschränkt sich die Constanz der Befunde nicht auf Species und Gattung, sondern betrifft auch grössere Gruppen, so dass speciell für die Laubmoose die Familien auch bezüglich der Chemie der Zellmembranen recht wohl charakterisirt sind. Für die Lebermoose gilt dies jedoch nicht. Eine Zusammenstellung der betreffenden Ergebnisse folgt nachstehend.

Lebermoose.

Ricciaceae: Cellulose direct nachweisbar. Oxymitra verhält sich wie die folgende Familie.

Marchantiaceae: Schwächere Sphagnolreaction der Thalluszellwände. Starke Reaction an Rhizoiden. Keine Gerbsäure.

Jungermanniaceae anakrogynae: Directe schwache Cellulosereaction, bisweilen fehlend (Blasia). Sphagnol kann fehlen oder vorhanden sein (Blasia). Keine Gerbsäure.

Jungermanniaceae akrogynae: Selten schwache directe Cellulosereaction. Fälle von starker Sphagnol- und Gerbsäurereaction verbreitet. Es verhalten sich nur einige kleinere Gattungsgruppen gleich. Die von Schiffner im Wesentlichen nach dem Vorgange von Spruce in den „Natürl. Pflanzenfamilien" aufgestellten Familien sind nicht durch ein charakteristisches chemisches Verhalten der Zellmembranen von einander geschieden.

Die grösste und in der Systematik grossentheils unklare Gruppe der *Epigonianthae* wurde von mir viel zu unvollständig untersucht, als dass ich mir ein Urtheil von allgemeiner Giltigkeit erlauben kann. Es scheinen alle hieher gerechneten Lebermoose wenig oder gar kein Sphagnol zu enthalten, nicht selten geben ihre Membranen direct

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00377-8

Cellulosereaction. Gerbsäurereaction der Membranen fand ich intensiv nur bei Lophocolea.

Aus der Gruppe der *Trigonanthae* enthält unser *Mastigobryum trilobatum* viel Gerbsäure, *Lepidozia reptans* keine. Die *Ptilidioideae* zerfallen nach der Beschaffenheit der Membranstoffe in zwei Gruppen, die auch natürlichen Verwandtschaftskreisen entsprechen. Die Gruppe *Trichocolea-Lepidolaena* enthält Sphagnolpflanzen, die Gruppe *Ptilidium* und näherstehende Gattungen (*Mastigophora, Lepicolea, Isotachis*) besteht aus Gerbsäurepflanzen. Auch *Jungermannia trichophylla L.* (= *Blepharostoma trichophyllum Dum.*) und *Jungermannia fimbriata Hook.* (= *Chandonanthus hirtellus* [*Webb.*] *Mitt.*), die in neuerer Zeit zu den *Ptilidioideae* gezählt werden, sind gerbsäurehaltig.

Gottschea enthält ausschliesslich Lebermoose, deren Zellhäute starke Gerbsäurereaction geben; dabei kann man wohl Beziehungen zu Ptilidium und Verwandten wieder erkennen, nachdem auch nach einigen anderen Merkmalen zu den *Ptilidioideae* verwandtschaftliche Beziehungen bestehen. Die von Schiffner mit Gottschea in die Gruppe der *Scapanioideae* zusammengestellten Gattungen Diplophyllum (hierher *Jungermannia albicans L.*) und Scapania sind keine Gerbsäurepflanzen. Sie zeigen auch sonst differentes Verhalten. *Jungermannia albicans* enthält Sphagnol, Scapania nicht, und gibt Cellulosereaction der Membranen.

Physiotium enthält Gerbsäurepflanzen.

Radula gibt Cellulosereaction.

Madotheca zeigt Sphagnolreaction.

Von Lejeunia wurde nur *L. serpyllifolia* untersucht und als wenig sphagnolhaltig erkannt. Die Frullanien sind typische Gerbsäurepflanzen, nie sphagnolhaltig.

Vielleicht würde eine eingehendere Untersuchung, nach den bereits gemachten Befunden zu urtheilen, dennoch systematische Behelfe von einigem bestätigendem Werthe zu Tage fördern, und ich will nicht versäumen, auf diesen Punkt aufmerksam zu machen, nachdem ich voraussichtlich keine Gelegenheit haben werde, mich mit diesem Gegenstande weiter zu beschäftigen.

Laubmoose.

Sphagnales: Alle Sphagnumarten reich an Sphagnol, nie Gerbsäure in den Membranen enthaltend.

Andreaeales: Bei der untersuchten *Andreaea petrophila* erhielt ich keine Gerbsäurereaction, es blieb aber auch Millon zweifelhaft.

Bryales:

Weisiaceae. Die untersuchten Gattungen Gymnostomum, Hymenostylium und Eucladium sind sphagnolhaltig und geben keine Gerbsäurereaction.

Die untersuchten Rhabdoweisiaceengattungen Cynodontium, Oreoweisa und Dichodontium sind im Gegensatze hiezu stets Gerbsäurepflanzen und enthalten nie Sphagnol.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00378-4

Ganz analog steht es bei den *Dicranaceae, Leucobryaceae.* Fissidens enthält Sphagnol.

Bei den *Ditrichaceae* ist Ceratodon gerbsäurehaltig, während Ditrichum Sphagnolreaction gibt.

Gerbsäurepflanzen sind ferner die *Pottiaceae*, soweit untersucht.

In der Familie der *Grimmiaceae* scheinen alle xerophytischen Formen gerbsäurehaltig zu sein. Die Wasserformen (*Cinclidotus, Schistidium alpicola var. rivulare*) enthalten Sphagnol in den Membranen. Von Interesse ist ferner, dass die hyaline Haarspitze der Grimmien und Racomitrien Cellulosereaction gibt und nie Gerbsäurereaction zeigt.

Die *Orthotrichaceae* sind Gerbsäurepflanzen, ebenso die *Funariaceae.*

Encalypta gibt in den Blattzellmembranen Sphagnolreaction.

Alle *Bryaceae* incl. *Aulacomniaceae* und *Bartramiaceae* sind gerbsäurehaltig. Bei den Bartramiaceen ist Millon'sche Reaction zu erhalten, doch in abweichender Nuance; ob Sphagnol zugegen, ist noch endgiltig sicher zu stellen.

Die Blätter der *Polytrichaceae* geben sowohl Eisenreaction als Millon'sche Reaction in ihren Zellmembranen. Es sind wohl beide Stoffe nebeneinander vorhanden.

Georgia enthält nur Sphagnol.

Ebenso dürfte Sphagnol neben wenig Gerbsäure bei Diphyscium vorhanden sein.

Reich an Sphagnol sind die *Fontinalaceae.* Doch ist auch Gerbsäure in geringerer Menge nachweisbar.

Ganz ähnlich ist das Verhältniss bei den *Hypnaceae* und den verwandten pleurocarpen Familien der *Cryphaeaceae, Neckeraceae* und *Leskeaceae.* Sphagnol scheint hier stets reichlich vorzukommen, und in der Regel ist eine schwache Eisenreaction zu beobachten.

Nach diesen noch relativ wenig ausgebreiteten Erfahrungen scheint es in der That, als ob die natürlichen Verwandtschaftsgruppen der Laubmoose auch in der chemischen Beschaffenheit der Zellmembran wohl charakterisirt wären. Es ist wohl der Mühe werth, noch eingehender nachzusehen, ob diesem Merkmale ein reeller systematischer Werth zukommt. Hier möge es genügen, dass ich auf diese Verhältnisse aufmerksam gemacht habe.

Zur biologischen Bedeutung der aromatischen Constituenten in der Mooszellmembran.

Nach den erörterten Beziehungen zwischen Familienzugehörigkeit und chemischer Zusammensetzung der Zellmembranen hat es, wenigstens für die Laubmoose, den Anschein, als ob die vererbten Eigenschaften hier ausschlaggebend seien und unter verschiedenen Lebensbedingungen die Zellwände einer Art oder nahe verwandter Arten stets gleiche Beschaffenheit zeigten. Doch seien einige Momente, die

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00379-2

sich aus unseren Beobachtungen ergeben, als meiner Meinung nach beachtenswerth hervorgehoben.

Bei den Laubmoosen tritt ganz deutlich die Neigung der im und an Wasser lebenden Formen hervor, reichlichen Sphagnolgehalt der Wände zu zeigen. Abgesehen von Sphagnum, zeigen dieses Verhalten Eucladium, Cinclidotus (aus der sonst Gerbsäure enthaltenden Familie der *Grimmiaceae*), Fontinalis, Dichelyma.

Es zeigten mir endlich alle Formen von Philonotis Millon'sche Reaction neben einer intensiven Eisenreaction im Blattzellnetz, ein Verhalten, welches vielleicht wie bei Cinclidotus auf die natürliche Verwandtschaftsgruppe Bezug nimmt.

Die Beziehungen zwischen Sphagnolgehalt der Membranen und den Anpassungen an sehr feuchten Standort oder an das Leben im Wasser sind somit bei den Laubmoosen recht ausgeprägt.

Es scheint ferner, als ob die Arten des tiefen Waldschattens häufiger Sphagnolpflanzen wären als nicht beschattet lebende Arten. Beispiele wären *Georgia pellucida* und die Hypnaceen nebst Verwandten.

Gerbsäuregehalt der Membran ist für mehrere echt xerophytische Formenkreise der Laubmoose als typisch zu constatiren, z. B. Tortula, Barbula, Grimmia, Racomitrium, viele Formen der *Orthotrichaceae* und von Bryum. Hier fehlt Sphagnol stets. Die Haarspitze der Blätter bei zahlreichen hierher gehörenden Pflanzen enthält nie Gerbsäure und gibt directe Cellulosereaction.

Für die Lebermoose lässt sich jedoch kaum eine Beziehung zwischen Standort und der Membranbeschaffenheit behaupten. Die hier so reich gegliederte Anpassung der Blätter an Wasseraufnahme mittels Paraphyllien, Wassersäcken, vorspringenden Lamellen bietet keine Anknüpfungspunkte zur chemischen Zusammensetzung der Membran. Hier gibt offenbar die natürliche Verwandtschaft den Ausschlag, so dass die Wassersäcke führende Gattung *Lepidolaena* mit den Paraphyllien tragenden Trichocoleen in Bezug auf den Spagnolgehalt übereinstimmt, und andererseits die Wassersäcke tragenden Gattungen Frullania, Physiotium mit den mit Paraphyllien versehenen Gottscheaarten, *Lophocolea muricata* u. a. gemeinsam reichlich Dicranumgerbsäure in den Blattzellmembranen aufweisen.

Die *Ricciaceae*, soweit sie sehr feuchte Standorte bewohnen oder direct Wasserpflanzen sind („Ephemerer Typus der Marchantiales" Kamerling's)[1]), geben in den Membranen allenthalben Cellulosereaction.

1) Flora, Ergänzungsbd. 1897 pag. 63.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00380-2

Für Oxymitra und die *Marchantiaceae* im engeren Sinne ist Sphagnolgehalt und stete Abwesenheit von Gerbsäure charakteristisch. Von Interesse ist der hohe Sphagnolgehalt in den Zäpfchenrhizoiden, den Wasseraufnahmsorganen dieser Lebermoose (vgl. hiezu Kamerling l. c. pag. 4 ff.). Im Einklange mit der Beobachtung, dass die Laubmoose sehr nasser Standorte in der Regel in den Blattzellmembranen starke Sphagnolreaction geben, werden wir hier einen Zusammenhang der chemischen Membranbeschaffenheit mit der Function vermuthen dürfen. Bei *Marchantia palmata* konnte ich ferner ganz deutlich feststellen, dass die Sphagnolreaction an den Zäpfchenrhizoiden stärker eintrat als an den Membranen der glatten Rhizoiden. Wie Kamerling dargethan hat, haben wir in den Zäpfchen Einrichtungen im Dienste der capillaren Wasserleitung im Innern der Rhizoiden zu erblicken, und es ist wohl bemerkenswerth, dass mit der morphologischen Anpassung auch eine chemische Aenderung der Membran einhergeht. An den Rhizoiden der Jungermanniaceen fand ich nie Sphagnolreaction, ebenso kommt niemals, so weit die Untersuchungen reichen, in den Laubmoosrhizoidenmembranen Sphagnol vor. Bei allen diesen Organen handelt es sich wohl in erster Linie um Befestigungsorgane, und wie Oltmanns gezeigt hat, dient der Rhizoidenfilz der Laubmoose als wasserleitender Docht, indem zwischen den Wurzelfäden das Wasser capillar emporsteigt. Im Innern dieser Rhizoiden dürfte wohl kaum ein Aufsteigen des Wassers im Dienste der regelmässigen Wasserversorgung der Pflanzen statthaben, und ich bin geneigt, auch die chemische Membranbeschaffenheit mit der biologischen Aufgabe in Beziehung zu setzen.

Die Zellwände im Protonema verschiedener Laubmoose, die ich untersuchte, geben stets direct Cellulosereaction und enthalten nie Sphagnol oder Gerbsäure.

Bezüglich der Blätter der Moose ergeben sich in Hinblick auf die gefundenen Resultate eine Reihe erwähnenswerter Gesichtspunkte.

Wir können heute kaum mehr zweifeln, dass für die grosse Mehrheit der Laub- und Lebermoose die Blätter das hauptsächlichste Organ zur Wasseraufnahme darstellen. Eine interessante Ausnahme bildet der Marchantiaceenthallus, welcher sich durch die Zäpfchenrhizoiden versorgt und im Ganzen den Verhältnissen an höheren Pflanzen etwas angenähert erscheint. Bei den übrigen Moosen ist jedoch die Anpassung an directe Wasseraufnahme durch die Blätter unverkennbar und es erreichen, wie besonders Goebel ausführlich

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00381-8

gezeigt hat, selbst Einrichtungen zum Festhalten des Wassers häufig einen hohen Grad von Vollkommenheit.

Sphagnol findet sich nun im Allgemeinen häufig reichlich in den Zellmembranen der Blätter von solchen Moosen, welche Standorte bewohnen, wo den Blättern stets Wasser reichlich zu Gebote steht oder wenigstens durch eine feuchte windstille Luft und schattigen Ort der Wasserverlust sehr verlangsamt wird. Wir haben als Beispiele wasserbewohnende Moose (*Fontinalaceae, Cinclidotus* u. a.), Moose sehr nasser Localitäten (*Sphagnum, Eucladium* u. a.), hygrophile Waldbewohner *(Georgia, Hypnaceae)* bereits erwähnt, sämmtlich Sphagnol in den Blattmembranen enthaltend. Die offenbar vorhandene Beziehung sphagnolhältiger Zellmembranen zu der Lebensweise der Pflanzen findet vielleicht theilweise Aufklärung in den antiseptischen Eigenschaften des Sphagnols, die ich durch einige Versuche feststellen konnte.

1. Vier Reagensröhrchen mit Nährbouillon wurden mit Fleischextractlösung, welche in Fäulniss übergegangen war, geimpft. Zwei Röhrchen blieben ohne Zusatz, ein Röhrchen wurde mit 2 cm^3 10proc. Sphagnollösung, ein Röhrchen mit 2 cm^3 5proc. Sphagnollösung versetzt. Nach 24 Stunden waren die Culturen ohne Sphagnolzusatz stark getrübt, die beiden mit Sphagnol versetzten Proben klar. Am zweiten Tage leichte Trübung der 5proc. Sphagnollösung, die 10proc. klar. Am dritten Tage dasselbe. Am vierten Tage war auch in der 10proc. Sphagnollösung eine leichte Trübung sichtbar, während die 5proc. Lösung merklich stärker getrübt war, jedoch ungleich weniger als die Controlleproben.

2. Derselbe Versuch mit Impfung von einer Reincultur von *Bacillus fluorescens liquefaciens.* Genau dasselbe Resultat.

3. Derselbe Versuch mit *Bacillus subtilis.* Auch hier in den Sphagnolhältigen Lösungen in den ersten 48 Stunden kein Wachsthum.

4. Sterilisirte Stückchen Seidenfaden wurden mit *Bacillus fluorescens liquefaciens* imprägnirt, getrocknet, 24 Stunden in concentrirte (20proc.) Sphagnollösung eingelegt und nach vorherigem raschen Abspülen mit ausgekochtem Wasser in Nährbouillonreagensgläser geworfen. Ein Wachsthum der Bacterien konnte nicht constatirt werden.

5. Von zwei mit Nährsalzzuckerpeptonlösung beschickten und mit Aspergillus niger geimpften Kölbchen wurde das eine mit $^1/_4$ Volumen 5proc. Sphagnollösung versetzt. Aspergillus erschien in der letzteren Cultur nur in körnigen kleinen Mycelflöckchen, die später in spärliche Gemmenbildung übergingen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00382-4

6. 5 cm³ aus einem Aquarium entnommenes Wasser, welches sehr viele Daphnien enthielt, wurden mit 5 cm³ 10proc. Sphagnollösung versetzt. Die Thiere waren in wenigen Sekunden regungslos. Selbst 1proc. Sphagnollösung tödtete sie in einigen Minuten.

Nachdem fäulnisshemmende Eigenschaften dem Sphagnol ohne Zweifel zukommen, liegt es nahe, ihm die Rolle eines Schutzmittels bei Moosen nasser Standorte zuzuschreiben und vielleicht bildet die Gegenwart dieses Stoffes einen Schutz gegen den Angriff kleiner Thiere, auf die Sphagnol giftig wirkt.

Die fäulnisswidrigen Eigenschaften von Sphagnum sind ja bekanntlich längst praktisch verwerthet.

Die echten Xerophyten unter den Moosen scheinen sämmtlich in den Zellmembranen ihrer Blätter Dicranumgerbsäure zu enthalten und niemals Sphagnol-Celluloseäther. Sehr interessant ist auch das Vorkommen von Gerbsäure bei Leucobryum, einem Bewohner trockener Heidewälder, mit ausgezeichnet zur Wasserspeicherung adaptirten Blättern [1]). Die exotischen Leucobryaceen und die biologisch nahestehenden Pottiaceengattungen Syrrhopodon, Calymperes werden voraussichtlich (ich habe sie nicht untersucht) gleichfalls Gerbsäure in den Membranen enthalten.

Bei den mit Haarspitze ausgerüsteten Blättern vieler xerophytischer Formen ist es bemerkenswerth, dass die hyaline Blattspitze nie gerbsäurehaltige, sondern Cellulosereaction gebende Membranen enthält. Dies gilt auch von denjenigen Formen, welche sich durch das Hyalinwerden eines erheblichen Antheiles der Blätter auszeichnen. Ausser der von Goebel hervorgehobenen Rolle der Haarspitzen xerophytischer Moose als Knospenschutz, indem sich die Haare über der Endknospe zusammenneigen, kommt diesen hyalinen Haaren gewiss auch eine Bedeutung zu als wasserauffangende Organe. Befeuchtet man einen Grimmiarasen, so sieht man zunächst an der Spitze eines jeden Pflänzchens einen grossen Wassertropfen zwischen den Haarspitzen, welche etwas zusammenneigend und verschieden verbogen emporstehen, sofort capillar festgehalten. Nach kurzer Zeit biegen sich die obersten befeuchteten Blätter zurück, es wird sofort der Tropfen nachgesaugt und die hyalinen Spitzen werden wieder frei. Die Hyalinspitzen dienen somit vor allem zum ersten Auffangen des Wassers. Wenn die obersten Blätter befeuchtet und ausgebreitet sind, sind capillare Räume in grosser Zahl zwischen den Blättern

1) Vergl. hiezu Lorch, Flora 1894 pag. 424.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00383-0

geboten und es kann eine erhebliche Wassermenge festgehalten werden. Dabei sind die xerophytischen Moose stets halbkugelige Polster, bieten also in Bezug auf ihr Volumen die kleinste Oberfläche, um die Verdunstung möglichst zu verlangsamen. Es ist gut denkbar, dass die chemische Beschaffenheit der hyalinen Spitzen zusammenhängt mit sehr leichter Benetzbarkeit und der nur auf das Auffangen des Wassers und baldiges Abtrocknen, nicht aber auf dauernde Befeuchtung hinzielenden Function dieser Gebilde.

Welche Bedeutung kommt andererseits dem Gerbsäuregehalt der Membranen vieler Moosblätter zu? Die Vermuthung liegt nahe, dass, wie viele andere Gerbsäuren, so auch die Dicranumgerbsäure der Moose die Rolle eines Schutzstoffes vermöge antiseptischer Eigenschaften spielt. Analoge Versuche, wie sie oben als unter Anwendung von Sphagnol angestellt beschrieben wurden, führten mich auch bezüglich der Dicranumgerbsäure zum Ergebniss, dass wir es mit einem Antisepticum zu thun haben. Die Giftwirkung ist jedoch bedeutend schwächer als jene des Sphagnols.

In 10—15proc. wässeriger Lösung zeigte die Dicranumgerbsäure gegenüber entsprechenden Controlleproben eine deutliche Hemmung des Wachsthums von *Bacillus fluorescens liquefaciens* und Gemischen von Fäulnissbacterien. Die bactericide Wirkung verschwindet anscheinend vollkommen, sobald die Nährlösung 5 % und weniger Gerbsäure enthält.

Auf Daphnien war 5proc. Lösung noch schädlich. Es starb die Mehrzahl der Thiere binnen sechs Stunden ab. Einzelne lebten noch am folgenden Tage. Nach zwei Tagen waren alle todt.

Die Dicranumgerbsäure dürfte somit ebenfalls die Bedeutung eines Schutzstoffes bei längerer Befeuchtung der Blätter besitzen.

Es ist jedoch zweifellos die Wirksamkeit dieses Körpers geringer als jene des Sphagnols, indem die antiseptischen Eigenschaften nicht in dem Maasse wie bei letzterem ausgeprägt sind, und auch, wie die Untersuchung der chemischen Eigenschaften lehrte, die Dicranumgerbsäure viel leichter zersetzlich ist als das Sphagnol. Schon Kochen mit verdünnten Alkalien oder Säuren zerstört die Gerbsäure, während das Sphagnol bei dieser Behandlung nicht im Geringsten Zersetzung erleidet.

Aus dem Gesagten geht somit hervor, dass die biologische Bedeutung der in den Mooszellmembranen aufgefundenen aromatischen Körper wohl in ihrer Rolle als Antiseptica und Schutzstoffe zu suchen ist. Bei der grossen Rolle der Blätter der Moose für die Wasser-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00384-6

versorgung der Pflanzen, wobei oft lange dauernde Benetzung dieser zarten Organe mit Wasser vorkommt, ist diese Eigenthümlichkeit der Membranen von hervorragendem Werthe.

Die höheren Pflanzen, bei denen die Function der Wasseraufnahme von den Blättern auf die Wurzeln übergegangen ist, schützen bekanntlich ihre Laubblätter gegen langwährende Benetzung durch einen cuticularisirten Ueberzug, welcher für Wasser äusserst wenig durchlässig ist. Besondere Schutzstoffe der Membranen liegen hier in der Regel nicht vor. Es liegen allerdings Beobachtungen vor, dass Zellmembranen (sicher unverholzt) in Blattgeweben Millon'sche Reaction zeigen, was sehr für die Gegenwart einer aromatischen Verbindung sprechen würde. Ich habe hier die Angaben von Krasser, Correns und A. Fischer bezüglich der Membranen mancher Gewebe in Bromeliaceenblättern, in Stamm und Blatt von *Zea Mays* im Auge. Hierüber wolle man besonders die kritische Untersuchung von Correns[1]) vergleichen. Die Natur der hier vorliegenden Substanz ist noch näher festzustellen. Correns lenkt (ohne hinreichende Begründung) seine Vermuthung auf Tyrosin. Unwahrscheinlich ist es nicht, dass die Substanz mit Sphagnol verwandt oder identisch ist.

1) Jahrb. für wiss. Bot. **26**, 593 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05155-00385-2

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: 86

Autor(en)/Author(s): Czapek

Artikel/Article: Zur Chemie der Zellmembranen bei den Laub- und Lebermoosen. 361-381