

## Zur Physiologie einiger Moose.

Von Dr. F. Boas.

(Mit einer Abbildung im Text.)

Die hier mitgeteilten Studien wurden ursprünglich in der Absicht begonnen, festzustellen, inwieweit Moose und im Anschluß daran höhere Pflanzen unter geringen Sauerstoffspannungen zu leben vermögen. Äußerer Verhältnisse halber sind die Versuche nicht völlig abgeschlossen, da indessen einige Ergebnisse beachtenswert sind, möchte ich sie hier mitteilen.

Alle Versuche wurden in oder unter Wasser angestellt. Daher war es erwünscht, vorher festzustellen, inwieweit die einzelnen Moose unter solchen neuen Lebensbedingungen zu leben vermögen. In der Arbeit von v. Schoenau (Hedwigia 1910) finden sich zahlreiche Hinweise auf das Wachstum der Moose im Wasser; infolgedessen führe ich hier nur sehr kurz meine Ergebnisse an.

*Hylocomium splendens* wächst unter Wasser sehr gut. Die Innovationssprosse erreichen in wenigen Wochen eine Länge bis zu 6 cm. Die Verzweigung, die fast durchweg radiär ist, tritt jedoch erst recht spät auf und ist meistens nur sehr spärlich ausgebildet. Diese meist nicht über 1 cm langen Zweige bilden nur äußerst selten noch ganz kurze Sprosse zweiter Ordnung. Rhizoidbildung tritt bei *Hylocomium* selten ein, und dann meist nur an der Schnittfläche, wo eben der Versuchsweig von seinem Mutterindividuum gelöst wurde. Auch in Salzlösungen (Kalisalpeter z. B.) ändert sich das eben skizzierte Bild nicht. Dagegen neigt *Ptilidium crista castrensis* sehr zur Rhizoidbildung, und zwar wachsen die Enden der Fiedern fast alle zu Rhizoidbüscheln aus; ein weiteres Wachstum ist meist sehr unbedeutend.

*Encalypta vulgaris* wächst unter Wasser, Leitungs- wie destilliertem Wasser, sehr gut. Es bildet reichlich blattbürtige Adventivsprosse, ferner sehr viel Chloronema, aus welchem dann wieder zahlreiche neue Moospflänzchen entstehen. Das Wachstum von *Polytrichum* hat v. Schoenau (l. c.) und in Flora 105, 246 ff. eingehend behandelt, daher ich auf diese Arbeiten hier verweisen kann. *Polytrichum* bildet in destilliertem Wasser sehr oft viele blatt-

bürtige Adventivsprosse; offenbar hängt das zum großen Teil ganz von der „Stimmung“ ab, in welcher sich die Pflanzen im Momente des Versuches befinden. Zahlreiche Beobachtungen veranlassen mich, auf diesen Punkt ausdrücklich hinzuweisen, da durch ihn manches Unklare verständlicher wird, und zwar ist diese Stimmung verschieden von Blatt zu Blatt, vielleicht von Zelle zu Zelle. Jedenfalls beeinflußt sie das Versuchsergebnis beträchtlich, und sie ist offenbar verantwortlich dafür, daß unter sonst gleichen Versuchsbedingungen ein und dasselbe Exemplar sehr verschiedenartige Resultate gibt, die von Blatt zu Blatt wechseln können, indem z. B. ein Blatt nur Rhizoiden, ein anderes blattbürtige Sprosse entstehen läßt; ein anderes Exemplar vom gleichen Rasen unter ganz gleichen Bedingungen gebracht, nur Seitensprosse bildet und ein drittes nur an der Spitze weiterwächst. Dabei sind, wie ich nochmals betonen möchte, alle Versuchsbedingungen ganz gleich gewesen.

*Hylocomium triquetrum* wächst unter Wasser — es ist dabei immer an einen Versuch mit Leitungs- und an einen mit destilliertem Wasser zu denken — nur recht spärlich, bildet selten Rhizoiden; vielfach ist erst nach monatelanger Kultur ein nur ganz unscheinbares Wachstum zu erkennen. Auf das eigenartige Wachstum in bestimmten Salzlösungen komme ich weiter unten zurück.

*Catharinea undulata* wächst besonders in destilliertem Wasser gut, in Leitungswasser tritt eine leichte Bräunung der Blätter ein (vgl. hierzu v. S c h o e n a u: Flora 105, 246 ff.). *Bryum caespiticeum* wächst ganz ausgezeichnet unter Wasser. *Dicranum* wächst nur langsam im Wasser, ein Spitzenwachstum tritt nie auf, dagegen 2—3 Seitensprosse. Rhizoidbildung konnte ich nie beobachten. Nebenher sei bemerkt, daß *Selaginella spinulosa* ein halbes Jahr lang unter Wasser recht gut wuchs; ebenso von den Lebermoosen *Plagiochila*, *Scapania* und *Frullania*.

Über das Verhalten der Moose gewissen Säuren, Basen und Salzlösungen gegenüber möchte ich folgendes anführen: In erster Linie wurde auf *Polytrichum*, *Hylocomium splendens* und *triquetrum*, *Ptilidium* und *Dicranum* zum Teil sehr starke Lösungen von Kalisalpeter einwirken lassen. Dabei zeigte sich folgendes:

In 0,3 %iger Lösung wächst *Dicranum* gut, *Hypnum triquetrum* nimmt eine tiefgrüne Farbe an, ohne jedoch zu wachsen. *Hylocomium splendens* wächst sehr langsam und nach halbjähriger Kultur waren Seitenzweige noch nicht zu beobachten. *Polytrichum* wächst gut. Es bildet bis zu 3 cm lange Seitensprosse, einzelne blattbürtige Adventivsprosse und reichlich Chloronema. Bei Gegenwart von 0,6 % Kalisalpeter wachsen nur noch *Polytrichum* und *Ptilidium*

recht wenig, alle anderen zeigen selbst nach halbjähriger Kultur noch keine Spur von Wachstum, doch sind alle freudiggrün und zeigen keine Spur von Absterbeerscheinungen. Alle angeführten Moose wurden dann in einem dritten Versuch noch 90 Tage in 1%ige Salpeterlösung gegeben; nach 90 Tagen wurde der Salpeter durch destilliertes Wasser ersetzt. Ähnliche Versuche wurden mit 2 und 3%iger Salpeterlösung angestellt. In 1%iger Lösung wuchs nur noch *Hylocomium splendens*, allerdings ganz minimal. In Wasser wuchsen dann alle Moose gut weiter, namentlich *Hylocomium triquetrum*, das sonst in Wasser nur sehr spärlich wächst. Auch eine 2%ige Salpeterlösung hatte nach 70 tägiger Einwirkung noch nicht tödlich gewirkt. In der auf den Salpeter folgenden Wasserkultur wuchsen am besten noch *Hylocomium splendens* und *Ptilidium*, beide bildeten in etwa 8 Wochen bis zu 4 cm lange, unverzweigte und sehr dünne Sprosse. *Polytrichum* bildet noch einzelne blattbürtige Sprosse aus. Dagegen tötet eine 3%ige Salpeterlösung nach 30 tägiger Einwirkung alle Moose. Neben Nitrat wurde auch zum Vergleiche Nitrit benützt, und zwar in Konzentrationen von 0,12—1,25%. *Polytrichum* färbt sich bald ganz braun. Nach wenigen Tagen kann man bereits intensive Schädigungen wahrnehmen. Nach 8 tägiger Einwirkung von Natriumnitrit waren die meisten Moose tot, nur ein Exemplar von *Polytrichum* bildete in Wasserkultur einen 3 mm langen Seitensproß. Wie eine Prüfung mit N e b l e r s Reagens ergab, tritt in der Nitritlösung eine starke Ammoniakbildung ein, die als Ursache für die schädliche Wirkung des Natriumnitrits zu betrachten ist und offenbar auf die den Moosen anhaftenden Denitrifikanten zurückzuführen ist. Über den Einfluß anderer Salzlösungen sei folgendes angeführt. Als Versuchspflanze diente *Catharinea undulata*. Ammonsulfat in 0,02—0,4%iger Lösung wirkt außerordentlich wachstumsfördernd; es treten zahlreiche Seitensprosse und blattbürtige Sprosse auf. Dazu nimmt die Pflanze eine lebhaft grüne Farbe an. In 0,04—0,25% Mangansulfat findet ein etwas geringeres Wachstum statt als in destilliertem Wasser, bei 0,5% tritt Wachstum erst auf, wenn das Mangansalz durch destilliertes Wasser ersetzt wurde. Mangansalze, d. h. Mangansulfat, ist also kaum giftig. Eine 1%ige Lösung hemmt das Wachstum völlig.

Magnesiumsalze scheinen für *Catharinea* wenig günstig zu sein. Weder mit Chlorid noch mit dem sehr schwer löslichen Carbonat konnte ich einen Erfolg erzielen, auch nachdem die Magnesiumsalze durch Wasser ersetzt waren. Dagegen wirkten Kalksalze viel günstiger. In 0,05—0,28% Calciumnitrat tritt sehr starkes Wachstum auf, bei Gegenwart von 0,5% kann man bei einigen Kulturen starke

Chloronemabildung beobachten, bei anderen treten reichlich Seitensprosse oder blattbürtige Sprosse auf. Ganz ähnlich verhält sich Chlorcalcium.

Eine ganz auffallende Wachstumsförderung wurde durch 0,025 % Kupfersulfat bei *Hylocomium splendens*, *triquetrum* und *Polytrichum* erzielt. Namentlich der Zuwachs bei *Hylocomium triquetrum*, das ja sonst in Wasser nur sehr schlecht wuchs, war sehr beträchtlich. Bei *Catharinaea* wirkte eine gleichhohe Kupferkonzentration tödlich.

Natriumarsenit in 0,01—0,03 %iger Lösung wirkte bald tödlich. Asparagin ließ rasche Fäulnis eintreten. Komplexe Salze, wie 0,01 % Ferrocyankalium wirkten schwach giftig. In 0,01 % Ferrocyankalium trat nur eine sehr geringe Wachstumstätigkeit ein.

Von Phosphaten kam das saure  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  und das alkalische  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  zur Anwendung, und zwar in Konzentrationen von 0,02 bis 0,5 %. Dabei wirkte das saure Salz durchaus besser als das alkalische, was ich in erster Linie darauf zurückführen möchte, daß durch  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  eine sehr reiche Bakterien- und Algenentwicklung bedingt wird, was dann wieder schädlich auf die Moose einwirkt.

Eine Reihe von anderen Versuchen wurde mit freien Säuren, nämlich Salz-, Salpeter- und Schwefelsäure ausgeführt. Als Versuchspflanze diente *Polytrichum*. Bereits v. Schoena u gibt in Flora 105 einige Mitteilungen über die Einwirkung von Säuren auf *Polytricha* und kommt zu dem ganz richtigen Schluß, daß Säuren für *Polytricha* weniger schädlich sind als Alkalien. Ich möchte seine Angabe dahin erweitern, daß z. B. Salpetersäure in freiem Zustande sogar außerordentlich wachstumsfördernd einwirkt. v. Schoena u hat z. B. mit 0,074 %iger Schwefelsäure gearbeitet; er hat in einem anderen Versuch 2 Gramm Schwefelsäure auf den Liter Wasser gegeben; das ist freilich eine Konzentration, bei der ein rascher Tod eintreten muß. Hätte er kleinere Mengen genommen, ich möchte sagen „physiologische“ Mengen im Gegensatz zu seinen „chemisch“ wirkenden Mengen, so hätte er leicht beobachten können, daß auch Schwefelsäure wachstumsfördernd wirkt. Ich habe z. B. 0,0019 % Schwefelsäure 8 Tage lang auf *Polytrichum* einwirken lassen und dann die Pflanzen in destilliertes Wasser gebracht. Bereits nach 4 Wochen waren zahlreiche, 0,5 cm lange Seitensprosse vorhanden. 0,019 % Schwefelsäure scheint bereits die Maximalkonzentration zu sein, die eben noch nicht tödlich wirkt. Viel günstiger wirkt, wie schon erwähnt, Salpetersäure in 0,01 %. Bereits nach 14 Tagen hatten 9 Exemplare außer 18 Seitensprossen reichlich Chloronema und blattbürtige Sprosse erzeugt. 0,001 % Salpetersäure wirkt noch viel intensiver. Bei allen Versuchen wurde die Säure nach 8 Tagen

durch destilliertes Wasser ersetzt. Dagegen wirkt Salzsäure noch in 0,0076 % ziemlich schädlich oder wenigstens wachstumshemmend, wenn auch diese Säuremenge noch nicht letal ist.

*Hylocomium splendens* ist gegen Säuren empfindlicher als *Polytrichum*.

Die Einwirkung von Alkalien hat manches Bemerkenswerte ergeben. Ich möchte, bevor ich meine Versuche bespreche, auf die wertvollen Befunde v. Schoenau hinweisen. v. Schoenau hat bekanntlich auf die eigenartige Bräunung aufmerksam gemacht, welche *Polytrichum* und *Catharinea* in Leitungswasser erleiden, während sie in destilliertem Wasser frisch grün bleiben und bei dieser Gelegenheit das Vorkommen von Gerbstoff in den genannten Moosen festgestellt, ebenso die Giftigkeit von Alkalien für *Polytricha* nachgewiesen. Folgende Versuche dienen nur dazu, dies nochmals zu illustrieren. Ich ließ Kalilauge in Konzentrationen von 0,125—0,08 % je 2 Stunden auf *Polytrichum* einwirken. Diese Zeit genügte, um fast alle Blätter teilweise zu bräunen; die meisten wiesen braunrote Flecken auf, etwa wie ein rostkrankes Blatt von *Berberis*. Getötet wurde *Polytrichum* noch nicht, aber sehr empfindlich geschädigt, so daß es sehr lange dauerte, bis das Wachstum in destilliertem Wasser auch nur einigermaßen einsetzte.

Dagegen wirkte Soda und Kalilauge auf *Catharinea* und *Hylocomium triquetrum* auffallend günstig ein. Bei einer Konzentration von 0,01—0,02 % traten bei *Catharinea* zahlreiche blattbürtige Sprosse und viele Seitensprosse auf, und zwar in kürzerer Zeit als bei Kontrollpflanzen in destilliertem Wasser. 0,03 % Kalilauge scheint bereits die Maximalkonzentration darzustellen. Für *Hylocomium* scheint diese Grenze bei 0,04 % zu liegen. Höhere Konzentrationen wirken bereits sehr schnell schädigend ein.

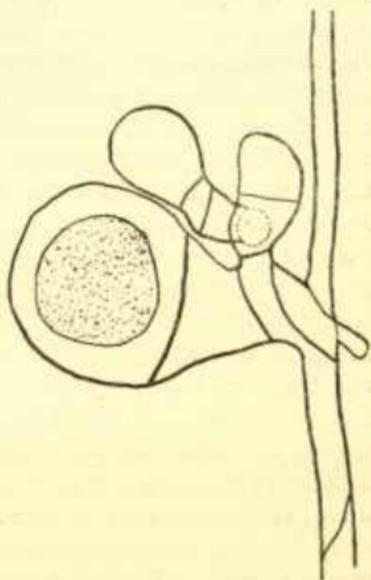
Einzelne Versuche mit isolierten Blättern von *Rhodobryum*, *Catharinea*, *Polytrichum* und *Plagiochila* ergeben recht bemerkenswerte Resultate. Die Blätter wurden auf Filtrierpapier in Petrischalen gelegt und mit Leitungs- bzw. destilliertem Wasser befeuchtet. Isolierte Blätter von *Catharinea* bildeten in destilliertem Wasser bereits nach 8 Tagen je 2—5 blattbürtige Sprosse aus, und zwar jedes Blatt; während von den mit Leitungswasser angefeuchteten Blättern nur 2 je einen blattbürtigen Sproß erzeugten. Diese in Leitungswasser liegenden Blätter waren alle gebräunt. Isolierte *Polytrichum*-Blätter reagierten innerhalb der Beobachtungszeit nicht. Dagegen gelang es mir, durch Alkalien gebräunte Blätter und Stämmchen von *Polytrichum* nach kurzer Einwirkung von 0,01 %iger Salpetersäure wieder fast ganz grün zu machen. Leider mußten

dann die Versuche abgebrochen werden. Isolierte Blätter von *Rhodobryum* ließen nach etwa 10 Tagen an der basalen Wundfläche reichlich Rhizoiden und einen kräftigen Adventivsproß entstehen; ein verschiedenes Verhalten, je nachdem destilliertes oder Leitungswasser einwirkte, konnte nicht beobachtet werden. Blätter von *Plagiochila* ergaben bis jetzt noch kein Resultat. In allen angeführten Fällen möchte ich dem Wundreif einen ziemlichen Einfluß auf die Ausbildung der Adventivsprosse zuschreiben.

Das Zerschneiden bzw. Halbieren der Stämmchen von *Dicranum* und *Polytrichum*, ebenso das Abtrennen und Halbieren der Innovationssprosse von *Hylocomium splendens* löst einen beträchtlichen Wachstumsreiz aus, was besonders an *Dicranum undulatum* zutage tritt, da dieses Moos sonst in Wasserkulturen sich recht passiv verhält.

Durch etwa zweistündiges Erwärmen von *Catharinea* und *Polytrichum* auf 35—43° C. konnte eine geringe Wachstumsförderung erzielt werden, namentlich trat bei *Polytrichum* ziemlich rasch Spitzenwachstum ein, was ich sonst nur als Ausnahme beobachten konnte.

Nachdem diese Versuche Einblicke in die Reaktionsfähigkeit einiger Moose gegeben hatte, wurden *Hylocomium splendens* und *Leskea* in a u s g e k o c h t e s Wasser gebracht, um allen gelösten Sauerstoff zu entfernen und dann wurde das Versuchsgefäß auf etwa 220 mm evakuiert und zugeschmolzen. Luft war nur mehr ca.  $\frac{1}{2}$  ccm in dem Versuchsgefäße — einer Art Einschmelzröhre — vorhanden, die Pflanzen ganz unter Wasser. Unter diesen Bedingungen wuchsen beide sehr gut, *Hylocomium* bildete im Verlaufe eines halben Jahres einen 12 cm langen radiären Neusproß mit zahlreichen Ästen. Nach diesem Resultate wurde die Sauerstoffspannung wesentlich erniedrigt. Als Versuchsgefäße dienten breite Reagensgläser. Die mit ausgekochtem Wasser zu  $\frac{2}{3}$  gefüllten und mit *Polytrichum*, *Dicranum* und *Hylocomium* beschickten Röhren wurden dann in große Bechergläser gestellt, deren Boden etwa 2 cm mit alkalischer Pyrogallol-lösung bedeckt war, um allen Sauerstoff zu absorbieren. Die Becher-



Die Rhizoiden sind blasig aufgetrieben, das Sporangium deutlich erkennbar.

gläser wurden unter einem Rezipienten gebracht und mit einer Wasserstrahlluftpumpe evakuiert. Es ist klar, daß bei dieser Versuchsanordnung die noch vorhandene Sauerstoffspannung ganz minimal war, da durch das sehr intensive Evakuieren aller noch im Wasser vorhandene und der den Pflanzen anhaftende Sauerstoff entfernt und vom Pyrogallol absorbiert wurde. Das Manometer meiner Pumpe zeigte zuletzt noch 12 mm an. Daß der größte Teil dieses Druckes auf die Wasserdampfspannung zurückzuführen ist, ist wohl zweifellos. Zum Vergleiche wurden *Callitriche* und *Myriophyllum* ganz ähnlich behandelt. Nach 99 Stunden wurden alle mit Leitungswasser abgespült und in destilliertem Wasser weiter kultiviert. Dabei ergab sich, daß alle Moose diese 99 Stunden sehr gut überstanden. Für *Polytrichum* und *Dicranum* konnte sogar ein zweifellos beträchtlicher Wachstumsreiz durch das Evakuieren beobachtet werden. Alle Exemplare von *Polytrichum* zeigten eine sehr starke Neigung zur Ausbildung von Seitensprossen, 6—8 Seitensprosse von 2—3 cm Länge waren bei fast allen Exemplaren vorhanden, blattbürtige Sprosse wurden jedoch nirgends beobachtet. Das Wachstum setzte etwa 10 Tage nach dem Überführen in destilliertes Wasser ein und ging dann rasch vorwärts. So brachten z. B. 3 Kontroll Exemplare in der gleichen Versuchszeit 4 Seitensprosse von insgesamt 6,4 cm Länge hervor, während 3 der „evakuierten“ Pflanzen 8 Seitensprosse von insgesamt 16,5 cm Länge bildeten. Ähnlich verhielt sich *Dicranum*. Zum Vergleiche sei angeführt, daß *Callitriche* das Evakuieren gut ertrug; von etwa 25 Versuchsexemplaren überlebten 6 die geringe Sauerstoffspannung und bildeten reichlich Sprosse, als sie in Leitungswasser weiterkultiviert wurden. Bei dem Vorkommen von *Callitriche* in stehenden, sauerstoffarmen Wasser war dieses Ergebnis zu erwarten; meine Versuchspflanzen entstammten einem zweifellos recht sauerstoffarmen Wasser, einer stagnierenden, fauligen Pfütze bei Bremen. Übrigens hat bereits Lehmann (Pringsheims Jahrb. 1911) darauf hingewiesen, daß wahrscheinlich Wasserpflanzen ein dankbares Objekt für Studien über Anaerobiose sind, eine Vermutung, die ich nur bestätigen kann.

Schließlich möchte ich noch auf ein eigenartiges Krankheitsbild an den Rhizoiden von *Bryum caespiticeum* hinweisen. Es entwickelten sich nämlich an den Unterwasserkulturen an den Rhizoiden zahlreiche, sehr auffallende, kugelige Gebilde von etwa  $\frac{1}{2}$  mm im Durchmesser (vgl. Figur). Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß in den Rhizoiden ein vielleicht den Saprolegniaceen angehöriger Pilz sich eingenistet und seine Sporangien entwickelt hatte. Die Rhizoidgallen sind fast völlig von je einem Sporangium ausgefüllt.

Zusammenfassend möchte ich noch folgende Punkte hervorheben: Die Wirkungsweise einer ganzen Anzahl von chemischen Verbindungen ist nach der einzelnen Versuchspflanze recht verschieden.

Für das Ergebnis eines Versuches ist die augenblickliche Vegetationsperiode von großer Bedeutung.

*Polytrichum*, *Dicranum* und *Hylocomium* können ein längeres Verweilen in sehr sauerstoffarmem Raume gut vertragen.

Das Auftreten von blattbürtigen Sprossen ist offenbar weit verbreitet und von inneren Bedingungen abhängig.

H a u b i n d a , am 19. Mai 1913.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Hedwigia](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [54 1914](#)

Autor(en)/Author(s): Boas Friedrich

Artikel/Article: [Zur Physiologie einiger Moose. 14-21](#)