

Beziehung zum Pyrrol stehen, und dass das von NENCKI und ZALESKI entdeckte Hämopyrrol wirklich ein Pyrrolabkömmling ist, habe ich durch die Entdeckung seiner Azoderivate mit meinen Mitarbeitern¹⁾ so gut wie bewiesen, während über die Möglichkeit, die Hämaminsäuren tatsächlich mit dem Pyrrol zu koordinieren, erst die PLANCHERschen Versuche entschieden haben.

Krakau, im März 1906.

22. H. Paul: Zur Kalkfeindlichkeitsfrage der Torfmoose.

Vorläufige Mitteilung.

Eingegangen am 22. März 1906.

Seit langer Zeit galten die Torfmoose (*Sphagna*) als ausgesprochen kalkfeindliche Pflanzen, welche Ansicht auch durchaus berechtigt erschien, da die von ihnen besiedelten Substrate in der Tat sehr wenig Gehalt an Kalk aufweisen. Besonders gestützt wurde diese Anschauung ausser von anderen, deren Ausführungen hier übergangen werden, da ich später an anderer Stelle ausführlicher darauf eingehen möchte, von SENDTNER (1), der angab, dass seine Versuche, die Torfmoose in kalkreichem Wasser zu kultivieren, stets misslungen wären. So schien die Frage nach der Kalkfeindlichkeit der *Sphagna* durchaus in bejahendem Sinne gelöst.

Um so mehr musste es Wunder nehmen, als C. A. WEBER (2) folgendes kundgab: „Dass der Kalkgehalt derartiger Gewässer den Torfmoosen unmittelbar verderblich sei, ist eine Behauptung, die bei den allermeisten durch den Kulturversuch widerlegt wird. Ich habe *S. cymbifolium*, *fuscum*, *acutifolium*, *recurvum*, *fimbriatum* und *platyphyllum* mehrere Jahre lang in meinen Kulturzylindern am Fenster freudig gedeihen sehen, obwohl ich die Pflanzen teils mit Kalkpulver geradezu imprägniert hatte, teils mit dem sehr kalkreichen Weserwasser regelmässig befeuchtete. *S. recurvum* hat unter dieser Behandlung sogar fruktifiziert, obwohl die sonstigen Kulturbedingungen (namentlich die Beleuchtung) nicht allzu günstig waren. Nur *S. medium* ist mir bei der unmittelbaren Berührung mit Kalkpulver zugrunde gegangen, vertrug aber das Weserwasser.“ [Zitiert von GRAEBNER (4, 5), DÜGGELI (6), SOLMS-LAUBACH (7)].

1) HETPER, GOLDMANN, MARCHLEWSKI: Zur Kenntnis des Blutfarbstoffes. Dritte Mitteilung. Bull. de l'Acad. des Sciences de Cracovie. 1905, p. 279.

Auch GRAEBNER (3, 4, 5) behauptete ähnliche Erfahrungen gemacht zu haben und schloss daraus, dass nicht der minimale Kalkgehalt des den Sphagnen an ihren Standorten zu Gebote stehenden Wassers der ausschlaggebende Faktor für das Gedeihen der Torfmoose wäre, sondern der niedere Nährsalzgehalt im allgemeinen. Er berief sich dabei auf die Angaben RAMANN's (8), dass die Sphagna erst bei einem Salzgehalt, der 3—4 Teile auf 100 000 Teile Wasser nicht übersteigt, dauernd zu vegetieren vermögen.

Schon vorher war ÖHLMANN (9) zu anderen Resultaten als WEBER und GRAEBNER gelangt. Er hatte sich mit der vegetativen Vermehrung der Torfmoose beschäftigt und gefunden, dass eine solche in Nährlösungen mit kohlensaurem Kalk allein nicht mehr möglich ist. Diese Tatsache scheint GRAEBNER unbekannt geblieben zu sein, wie überhaupt diese auch sonst sehr interessante Arbeit wenig bekannt geworden ist. Sie wurde meines Wissens bisher nur von JOST (10) zitiert.

Später beschäftigte sich DÜGGELI (6) mit der Frage und kam hinsichtlich des Verhaltens der Torfmoose gegen Kalk zu denselben Resultaten wie SENDTNER. Doch erwiesen sich auch andere Mineral-salzlösungen nach seinen Versuchen als schädlich, wenn er damit die *Sphagnum*-Polster an Ort und Stelle im Moore begoss. Deswegen glaubte er, sich GRAEBNER anschliessen und die Torfmoose als mineralstofffeindlich bezeichnen zu müssen.

Dies war der Stand der Frage, als ich mich damit zu beschäftigen begann. Es lag mir zunächst daran, den exakten Nachweis zu bringen, ob die Sphagna in Lösungen von kohlensaurem Kalk absterben oder nicht. In einigen Vorversuchen, die im wesentlichen eine Wiederholung der SENDTNER'schen waren, konnte ich ermitteln, dass *Sphagnum subbicolor*, *subsecundum* und *medium* im kalkreichen Münchener Leitungswasser abstarben.

Doch konnte letzteres auch noch andere Salze enthalten, und deshalb versuchte ich *S. cuspidatum* var. *falcatum* und *S. medium* in einer gesättigten Lösung von kohlensaurem Kalk in destilliertem Wasser zu kultivieren. Wie ich damals berichtete (11), starben die beiden Moose ab, und daraus geht schon hervor, was SENDTNER behauptet hatte, dass nämlich Torfmoose gegen gelösten kohlensauren Kalk sehr empfindlich sind.

Es kam nun darauf an, zu sehen, ob sich alle *Sphagnum*-Arten gleichmässig empfindlich dagegen verhalten und bei welchen Konzentrationsgraden das Absterben erfolgt. Zu diesem Zwecke setzte ich eine grosse Zahl von Kulturen mit acht Arten in Reihen mit steigender Konzentration in kleinen Intervallen an. Die Kalklösung stellte ich durch längeres Einleiten eines Kohlensäurestromes durch destilliertes, mit kohlensaurem Kalk im Überschuss versetztes Wasser

her. Nach Filtrierung wurde der Gehalt an gelöstem Kalk teils durch Abdampfen und Wägung, teils auf titrimetrischem Wege durch meinen Kollegen Dr. GULLY, dem ich dafür bestens danke, ermittelt. Die Resultate dieser Versuche sind in folgender Tabelle übersichtlich zusammengestellt:

Nummer	Spezies	Abgestorben bei mg im Liter		Standort
		CaCO ₃	CaO	
1	<i>Sphagnum rubellum</i> . . .	77	43	Hochmoorbulte
2	„ <i>papillosum</i> . .	89	50	„
3	„ <i>molluscum</i> . .	89	50	„
4	„ <i>medium</i>	134	75	„
5	„ <i>Dusenii</i>	178	100	Hochmoorschlenken
6	„ <i>acutifolium</i> . .	223	125	Waldmoor
7	„ <i>platyphyllum</i> .	223	125	Flachmoor
8	„ <i>recurvum</i> . . .	312	175	In jeder Moorform

In den Zahlen der vierten Kolonne ist der zu den Zahlen der dritten gehörige Gehalt an Ca O berechnet; sie sind nur der Vollständigkeit wegen angeführt.

Ich möchte zur Tabelle gleich bemerken, dass diese Zahlen nicht als absolute Grenzwerte zu betrachten sind; sie geben nur den Konzentrationsgrad an, bei welchem zuerst das Absterben beobachtet wurde, und sind infolgedessen etwas zu hoch. Die wirklichen Grenzzahlen liegen zwischen ihnen und den Zahlen, die den nächstvorhergehenden Kulturen entsprechen, in denen die Torfmoose noch am Leben geblieben waren.

Aus der Tabelle ergibt sich zunächst wieder, dass die Sphagna sehr empfindlich gegen Lösungen von CaCO₃ sind; denn selbst die höchste erreichte Grenze von 0,03 pCt. stellt eine verhältnismässig niedrige Zahl dar. Diese Tatsache steht also mit den Angaben WEBER's im Widerspruch. Ich kann mir seinen Befund nur durch die Annahme erklären, dass sich von dem Kalk in seinen Kulturzylindern nichts oder nur äusserst wenig gelöst hat, denn nur in stark kohlensäurehaltigem Wasser löst sich CaCO₃. Und da das Wasser in Kulturgläsern wenig CO₂ aus der Luft aufnehmen kann, weil diese meist ruhig stehen bleiben und die Berührungsfläche des Wassers mit der Luft deshalb klein ist, wird die Lösung von CaCO₃ unter solchen Verhältnissen niemals den für die Torfmoose schädlichen Grad erreichen.

Ich werde in dieser Ansicht noch bestärkt durch die von SOLMS-

LAUBACH (7) zitierte Angabe WEBER's, dass die Anwesenheit anderer Pflanzen in seinen Kalkkulturen die Torfmoose zum Absterben brachte. Wahrscheinlich ist durch die Wurzeln dieser Pflanzen Kalk bis zur Erreichung des Schädlichkeitsgrades in Lösung gebracht worden.

Dass die Torfmoose im kalkreichen Weserwasser gedeihen, wie WEBER angibt, ist mir in Hinsicht auf obige Erfahrungen unklar. Leider teilt er den Gehalt des Weserwassers an Kalk nicht zahlenmässig mit; vielleicht ist auch auf die Form, in der er darin enthalten ist, bei der Bestimmung nicht Rücksicht genommen worden. Wenn er als schwefelsaures Salz vorhanden ist, klärt sich die Sachlage sofort vollständig auf, denn nach meinen Feststellungen wirkt Gips absolut unschädlich selbst bei fast gesättigter Lösung, bei 2,02 g im Liter, was einem Gehalt von 0,832 g CaO entspricht. Letztere Zahl ist zum Vergleich mit obiger Tabelle angeführt.

Aus dieser geht aber noch hervor, dass sich die einzelnen Torfmoosarten sehr verschieden gegen Kalklösungen verhalten, und zwar ergibt sich eine merkwürdige Übereinstimmung mit ihrem Vorkommen. Während die Sphagnen der Hochmoorbulte sehr empfindlich dagegen sind, können die der Hochmoorschlenken schon mehr gelösten kohlensauren Kalk vertragen. Die im Flachmoor und Waldmoor wachsenden Arten verhalten sich gleich; am wenigsten empfindlich erwies sich jedoch *S. recurvum*, was nicht wunderbar erscheint, da das Moos in bezug auf den Standort wenig wählerisch ist. Es kann sowohl im Hochmoor als im Flach- und Waldmoor gedeihen.

Auch ÖHLMANN (9) hatte schon Ähnliches beobachtet, doch ist er auf anderem Wege zu seinen Resultaten gelangt, so dass sich seine Angaben mit den meinigen nicht direkt vergleichen lassen.

Auffallend mag erscheinen, dass *S. medium* sich als etwas weniger empfindlich erwies als die übrigen Torfmoose der Hochmoorbulte, während es von WEBER (2) als besonders empfindlich hingestellt wurde. Das zu den Kulturen verwandte Material stammt jedoch nicht von der Spitze eines Moorbultes, sondern vom Rande einer Schlenke, so dass das Ergebnis von dieser Hinsicht aus beurteilt werden muss. Es ist nämlich durchaus nicht gleichgültig, woher man das Material entnimmt; nach meinen Erfahrungen findet nach und nach bis zu einem gewissen Grade Gewöhnung der einzelnen Arten an verschiedene Standorte statt. In unserem Falle verhält sich *S. medium* annäherungsweise wie ein Schlenkenmoos, was sich im Ertragen einer etwas höheren Konzentration von CaCO_3 -Lösung äussert. Über diesen Gegenstand werden noch einige Versuche in der Hauptarbeit mitgeteilt werden.

Am wenigsten erträgt *S. rubellum* den gelösten kohlensauren Kalk;

schon bei 77 mg im Liter, also in einer 0,0077prozentigen Lösung stirbt es ab. An diesem Moos machte ich nun folgende interessante Beobachtung. Der schädigende Einfluss der Kalklösung auf die Sphagna macht sich bekanntlich zunächst durch Veränderung des vielen Arten zukommenden Farbstoffes geltend, und zwar am kenntlichsten bei solchen mit rotem. *S. rubellum* besitzt nun von den untersuchten Arten die rote Farbe in reinsten Ausprägung; es ist ein schönes Karmoisinrot.

Bei Anwendung von Kalklösung verändert sich der rote Farbenton in einen blauen, und zwar desto intensiveren, je stärker die Lösung ist. So lange die blaue Farbe noch nicht auftritt, sterben die Pflanzen auch nicht ab; deswegen ist diese Erscheinung wenigstens bei *S. rubellum* ein Kriterium, nach welchem schon bald nach dem Ansetzen der Kulturen auf das Lebendigbleiben oder Absterben der Pflanzen geschlossen werden kann. Dieser rote Membranfarbstoff verhält sich genau wie roter Lackmus und ist ein empfindlicher Indikator für Alkalien; da nun Lösung von CaCO_3 (oder besser $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) schwach alkalisch reagiert, erklärt sich die Veränderung des roten Farbstoffes in den blauen, der im Tode einer schwärzlichen Schmutzfarbe Platz macht.

In welcher Weise die verschiedenen Konzentrationen von Kalklösungen die Sphagna schädigen, sei an *S. recurvum* dargelegt. Zu Anfang der Versuche liegen die Pflanzen wagerecht in der Lösung, bis sie sich nach einigen Tagen dicht unter dem Köpfchen negativ geotropisch aufbiegen, soweit sie noch dazu imstande sind. Um ein schnelleres Wachstum zu erzielen, stellte ich die Kulturen nicht an das Fenster, sondern in ein Regal, das sich etwas entfernt von diesem befand, und die Pflänzchen wurden dadurch zu etioliertem Auswachsen genötigt. Auf diese Weise war ich imstande eine etwa eingetretene Schädigung leichter zu erkennen, was besonders bei den langsamer wachsenden und sich weniger streckenden Arten, zu denen auch *Sphagnum medium* gehört, von grossem Vorteil ist. Ausser einer stärkeren Streckung der Internodien und dem Kürzerwerden der Äste erfahren ja die Torfmoose bei der Etiolierung keine erheblichere Veränderung, da die Bildung des Chlorophylls bei ihnen im Dunkeln nicht verhindert wird.

Am Schluss der Versuche (nach 30 Tagen) nahm ich Messungen der aufgebogenen und ausgewachsenen Stämmchen vor, welche bei *Sphagnum recurvum* das in der Tabelle auf S. 153 erhaltene Resultat ergaben.

Nach allen diesen Erfahrungen hat sich also bestätigt, dass sich die Torfmoose gegen kohlen-sauren Kalk sehr empfindlich verhalten. Ob sie aber auch allgemein mineralstofffeindlich sind, geht natürlich daraus nicht hervor. Auffällig ist allerdings, dass Gips in so grosser

Gehalt der Lösung an $mg\ CaCO_3$ im Liter	Länge der Stämmchen und sonstige Veränderungen
0	durchschnittlich 8 <i>cm</i>
22	„ 8 „
45	„ 6 „
67	„ 4 „
89	„ 3 „
112	„ 2,5 „
134	„ 1,5 „
156	„ 1 „
178	„ 0,5 „
223	noch grün, doch nur wenige Köpfchen aufgebogen
268	„ „ „ „ 1 Kopf aufgebogen
312	kein Kopf aufgebogen, abgestorben

Menge vertragen wird, und schon daraus glaube ich herleiten zu dürfen, dass die Ansicht GRAEBNER's nicht in vollem Umfange zutreffend ist.

Es sei hier die betreffende Stelle in seiner neuesten Arbeit (5) zitiert, weil daraus seine Meinung am besten ersichtlich ist. Gestützt auf die Versuche WEBER's sagt er dort: „Die Sage von der Kalkfeindlichkeit der Sphagnen ist damit wohl endgültig zu Grabe getragen. Dass andererseits manche Kalkverbindungen (anscheinend besonders gewisse Kalksalze) sich den übrigen Nährsalzen ähnlich verhalten, indem bei einer bestimmten Konzentration ein Eingehen der nährstofffeindlichen Pflanzen erfolgt, beweisen, wie mir Herr Professor RAMANN freundlichst mitteilt, von ihm ausgeführte Kulturen, bei denen die Mehrzahl der Sphagnen starben. Jedenfalls ist sicher die hohe Konzentration eines einzelnen oder mehrerer Nährsalze usw. (gleichgültig ob Kalksalze oder anderer) das Ausschlaggebende für das Gedeihen oder Nichtgedeihen dieser empfindlichsten aller Pflanzen.“

Beiläufig sei hier bemerkt, dass Herr Professor RAMANN selbst die von GRAEBNER erwähnten Versuche nicht ausgeführt, sondern die meinigen gesehen und darüber GRAEBNER Mitteilung gemacht hat; irrtümlich ist RAMANN als Urheber genannt.

Nicht Kalksalze im allgemeinen, sondern in erster Linie der weitverbreitete kohlensaure Kalk, der bei Verarmung des Moorbodens in der Regel zuerst sich vermindert (12), ist den Sphagnen schon in recht geringer Menge schädlich. Dazu kommt noch der Umstand, dass einige Kalisalze im Verhältnis zu $CaCO_3$ in geradezu gewaltiger Menge ertragen werden, und dass ein Absterben von *Sphagnum*

medium erst bei einer dreissigmal so grossen Konzentration beobachtet wurde, während sich andererseits manche Phosphorverbindungen in äusserst minimalen Quantitäten als schädlich erwiesen.

Es besteht also ein Unterschied in der Wirkung der einzelnen Mineralsalze auf die Sphagna. Und wenngleich zugegeben werden muss, dass in Hochmoorwässern ein gleichmässig niedriger Gehalt an allen Nährstoffen vorhanden ist, der die durch Kulturversuche ermittelten Zahlen niemals erreicht, so ist doch auch der Fall möglich, dass ein Gewässer den Sphagnen unschädliche Stoffe in grosser Menge enthält, und dass diese ungeachtet des Mineralstoffreichtums darin gedeihen, weil eben die schädlichen Stoffe fehlen oder nur in untergeordneter Menge vorhanden sind. Doch sind das nur theoretische Erwägungen, und erst durch weitere Untersuchungen kann Klarheit in der Frage geschaffen werden, deren Lösung durchaus nicht so einfach ist, wie man nach GRAEBNER'S Darstellungen vermuten möchte.

In dieser vorläufigen Mitteilung lag mir hauptsächlich daran, den Nachweis zu bringen, dass Lösungen von kohlensaurem Kalk schon in kleinen Mengen den Torfmoosen schädlich sind; die genaueren Angaben über diese Versuche sowie das Verhalten der Torfmoose gegen eine Anzahl anderer Stoffe wird in der Hauptarbeit veröffentlicht werden.

Benutzte Literatur.

- (1) SENDTNER, O., Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns, 1854.
- (2) WEBER, C. A., Jahresberichte der Männer vom Morgenstern. Heimatbund an der Elb- und Wesermündung. 1900.
- (3) GRAEBNER, P., Bildung natürlicher Vegetationsformen im norddeutschen Flachlande (Arch. der Brandenburgia IV, 1898).
- (4) —, Die Heide Norddeutschlands (Leipzig 1901).
- (5) —, Handbuch der Heidekultur (Leipzig 1904).
- (6) DÜGGELI, M., Pflanzengeographische und wirtschaftliche Monographie des Sihltales bei Einsiedeln. Diss. Zürich, 1903.
- (7) SOLMS-LAUBACH, H. Graf zu, Die leitenden Gesichtspunkte einer allgemeinen Pflanzengeographie in kurzer Darstellung, Leipzig 1905.
- (8) RAMANN, E., Organogene Ablagerungen der Jetztzeit (Neues Jahrb. für Mineralogie etc. Beil.-Bd. X. 1895).
- (9) OEHLMANN, V., Vegetative Fortpflanzung der Sphagnaceen nebst ihrem Verhalten gegen Kalk. Diss. Freiburg. 1898.
- (10) JOST, L., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Jena 1904.
- (11) PAUL, H., Vorläufige Mitteilung über die Kalkfeindlichkeit der Sphagna. (Bericht über die Arbeiten der k. b. Moorkulturanstalt im Jahre 1903).
- (12) GULLY, E., Mitteilung aus dem chemischen Laboratorium der Moorkulturanstalt (Bericht über die Arbeiten der k. b. Moorkulturanstalt im Jahre 1904).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Paul H.

Artikel/Article: [Zur Kalkfeindlichkeitsfrage der Torfmoose. 148-154](#)