Universitätsbibliothek Frankfurt/M.

Sammlung deutscher botanischer Zeitschriften 1753-1914

Mitteilungen der K. Bayr. Moorkulturanstalt

Königlich Bayerische Moorkulturanstalt <München>

Stuttgart, 1907-1913

1913

Visual Library

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Verlag von Eugen Ulmer in Stuttgart.

Mitteilungen der K. Bayr. Moorkulturanstalt.

Herausgegeben von Direktor Prof. **Dr. A. Baumann.**

Heft I.

Inhalt: I. **Ueber Bodentemperaturen im Hochmoor und über die Bodenluft in verschiedenen Moorformen.** Von Dr. P. Vageler.

II. **Die Schwarzerlenbestände des südlichen Chiemseemoores.** Von Dr. H. Paul, Assistent der K. Moorkulturanstalt.

III. **Beitrag zur Frage der Kolonisation der bayrischen Moore.** Von J. Bauer, Assistent der K. Moorkulturanstalt.

Preis geheftet ℳ 5.—.

Heft II.

Inhalt: I. **Ueber die Verwendung von Strafgefangenen zur Moorkultur** Von Professor Dr. A. Baumann.

II. **Beitrag zur Kenntnis der Fusarienkrankheiten unserer Kulturpflanzen.** Von Professor Dr. von Tubeuf.

III. **Die Kalkfeindlichkeit der Sphagna und ihre Ursache.** Von Dr. H. Paul.

Mit 9 Abbildungen und 3 Tafeln. Preis geheftet ℳ 5.—.

Heft III.

Inhalt: I. **Ueber die Beziehungen zwischen Vegetation, chemischer Zusammensetzung und Düngerbedürfnis der Moore, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der Moore Süd-Bayerns.** Von Dr. Eugen Gully, Assessor d. K. Moorkulturanstalt.

II. **Düngungsversuch zu Kiefern auf Hochmoor.** Von Dr. C. Freih. von Tubeuf, Professor an der Universität München.

III. **Untersuchungen über die Humussäuren.** I. Geschichte der Humussäuren. Von Professor Dr. A. Baumann, Direktor der K. Moorkulturanstalt.

Mit 3 Textabbildungen. Preis ℳ 5.—.

Heft IV.

Inhalt: I. **Niederschrift** über die am 21. Juni 1909 im Kgl. Staatsministerium des Innern abgehaltene Sitzung des Beirates der K. B. Moorkulturanstalt.

II. **Untersuchungen über die Humussäuren.** II. Die freien Humussäuren des Hochmoores. Ihre Natur, ihre Beziehungen zu den Sphagnen und zur Pflanzenernährung. Von Prof. Dr. A. Baumann und Dr. E. Gully.

III. **Ueber die Torfmoore des Fichtelgebirges und ihre Verwertung.** Von Dr. Albert Schmidt in Wunsiedel.

Mit 12 Abbildungen und einer kolorierten Tafel. Preis ℳ 7.—.

In Form von Abhandlungen sollen die ausgeführten Arbeiten in den „Mitteilungen der K. Bayr. Moorkulturanstalt" beschrieben werden. Dabei werden einerseits die Arbeiten, die mehr wissenschaftlichen Charakter haben, andererseits die Arbeiten, die sich auf die Praxis der Moorkultur oder auf Beschreibung und Kartierung der Moore beziehen, in besonderen Heften zusammengefaßt. Die Hefte erscheinen in zwangloser Folge und sind einzeln käuflich, so daß jedermann nur das zu erwerben braucht, was ihm wünschenswert erscheint.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Mitteilungen
der
K. Bayr. Moorkulturanstalt.

Heft 5.

Inhalt:

I. Untersuchungen über die Humussäuren. III. Die [illegible] Zusammensetzung und das Basenabsorptionsvermögen [illegible] die Abhängigkeit derselben vom [illegible] und [illegible] der einzelnen [illegible] von [illegible] Gully, [illegible].

[illegible] Humussäuren. IV. Die Untersuchungen von [illegible] Prof. Dr. Süchting über die Humussäuren. Von Dr. Eugen [illegible], Assessor der K. Moorkulturanstalt.

2814
5

Stuttgart 1913.
Kommissionsverlag von Eugen Ulmer.
Verlag für Landwirtschaft und Naturwissenschaften.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

TUM Universitätsbibliothek
Zweigbibliothek Weihenstephan

Untersuchungen über die Humussäuren III.

Die chemische Zusammensetzung und das Basenabsorptionsvermögen der Sphagnen, die Abhängigkeit derselben vom Standorte und die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe bei der Bildung von Hochmoor.

Von Dr. Eugen Gully, Assessor der K. Moorkulturanstalt.

A. Einleitung.

Die chemische Zusammensetzung und speziell den Nährstoffgehalt der Pflanzen aufzufinden, war schon lange das Bestreben der verschiedensten Forscher; die ersten diesbezüglichen Untersuchungen reichen über 100 Jahre zurück. Der Zweck der zahlreichen Pflanzenanalysen war ein recht verschiedener.

Die einen Forscher suchten die Herkunft, die Art der mineralischen Pflanzenstoffe und deren Unentbehrlichkeit für das Pflanzenleben zu ermitteln, andere waren bestrebt festzustellen, ob der Nährstoffgehalt der Pflanzen abhängig ist von der chemischen Beschaffenheit des Bodens und wieder andere hofften durch die Pflanzenanalyse das Düngerbedürfnis des Bodens zu ergründen.

Was die Herkunft der mineralischen Stoffe der Pflanze anbelangt, so kann für den modernen Naturforscher kein Zweifel darüber bestehen, daß sie in erster Linie dem Boden entstammen. Diese uns selbstverständliche Ansicht bedurfte früher des ausdrücklichen Beweises. Wir wissen, daß im Jahre 1800 — also nach der Zeit der Feststellung des Gesetzes von der Unzerstörbarkeit des Stoffs durch Lavoisier — die Berliner Akademie die Frage stellte:

„Von welcher Art sind die erdigen Bestandteile, die man mit Hilfe der chemischen Zergliederung in den verschiedenen inländischen Getreidepflanzen findet? Treten diese in solche so ein, wie man sie findet, oder werden sie durch die Wirkung der Organe der Vegetation erzeugt?"

Hierauf gab 1800 Schrader die Antwort: Die Pflanzen erzeugen die in ihnen enthaltenen Aschenbestandteile durch ihren Lebensprozeß.

Schon Ende des 18. Jahrhunderts erkannte Th. de Saussure die Herkunft der Aschenbestandteile aus der Erde, doch herrschte in Bezug auf die Herkunft der Pflanzennährstoffe noch vielfach Zweifel, so daß fast vier Jahrzehnte später nämlich 1838 die Göttinger Akademie die Frage stellte:

„Ob die sogenannten unorganischen Elemente, welche in der Pflanze gefunden werden, auch dann in den Pflanzen sich finden, wenn sie denselben von außen nicht geboten werden."

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Die Fortschritte der Chemie brachten es mit sich, daß 1842 Wiegmann und Polstorff durch Vegetationsversuche das feststellten, was heutzutage allgemein angenommen wird.

Schon die Erfahrungen, welche 1764 Marggraf und 1774 Wiegleb machten, mußten den unbefangenen Forscher überzeugen, daß nur die von außen eingeführten Elemente in der Pflanze vorkommen, aber erst Senebier[1]) (1800) und de Saussure[2]) (1804) waren von der Unentbehrlichkeit der Aschenbestandteile für das Leben der Pflanze überzeugt. Davy, Thenard, Berzelius, Sprengel usw. teilten die Ansichten von de Saussure, und Sprengel[3]) hob bereits hervor, daß nicht alle in der Pflanze vorkommenden Mineralbestandteile notwendige Nährstoffe sind, aber erst 1840 drangen diese Ansichten in das allgemeine Bewußtsein, als 1844 in Frankreich Boussingault und zur selben Zeit in Deutschland Liebig mit ihren Forschungen auftraten, letztere gestützt auf die Schriften de Saussure und auf die grundlegenden Versuche von Wiegmann und Polstorff[4]).

Um die Unentbehrlichkeit der einzelnen Elemente nachzuweisen, bediente man sich zweier Methoden. Nach der einen Methode wurden Pflanzen in unlöslichen künstlichen Böden kultiviert, denen die zu prüfenden Substanzen beigegeben wurden. Wiegmann und Polstorff stellten 1842 künstliche Böden dar aus Platinschnitzeln und Sand, während Fürst Salm-Horstmar[5]) 1856 mit gepulvertem Bergkristall oder mit Kohle aus Kandiszucker operierte.

Die zweite Methode — die sogenannte Methode der Wasserkultur — ist von größerer Bedeutung geworden. Woodward[6]) konstatierte 1699, daß Pflanzen in Flußwasser besser gedeihen als in Regenwasser und de Saussure kultivierte 1804 Bidens und Polygonum in Wasser, doch gelang es 1860 zuerst Sachs[7]) und Knop[8]) Landpflanzen in wässerigen Nährlösungen zu üppigem Wachstum zu bringen. Zahlreiche Versuche mit Wasserkulturen wurden in der Folge von Stohmann[9]), Nobbe und Wolff[10]) ausgeführt und bei sorgfältiger Durchführung der Versuche konnten sie in wässeriger Nährlösung Nutzpflanzen zur Vegetation bringen, wie sich dieselbe in fruchtbarsten Kulturböden nicht besser vollzieht.

Ohne auf Einzelheiten der Methodik der Wasserkultur einzugehen, sei nur erwähnt, daß man meist von Samen auszugehen pflegt, die in Sägspänen ihre Hauptwurzeln entwickelt haben. Die so zur Keimung gebrachten Pflanzen werden alsdann an dem Deckel eines größeren Gefäßes derartig befestigt, daß der Stamm

---

[1]) Senebier, Physiologie végétale 1800, Bd. III, S. 28 u. 45.

[2]) Saussure, Recherches chimique 1804, S. 261.

[3]) Sprengel, Die Lehre vom Dünger 1839.

[4]) Wiegmann und Polstorff, Über die anorganischen Bestandteile der Pflanzen, Braunschweig 1842.

[5]) Salm-Horstmar, Versuche und Resultate über die Nahrung der Pflanze, Braunschweig 1856.

[6]) Woodward, Philosophical Transactions 1699, Bd. 21, S. 208.

[7]) Sachs, Versuchsstationen, 1860, Bd. 2, S. 22 u. 224.

[8]) Knop, Versuchsstationen, 1861, Bd. 3, S. 295.

[9]) Stohmann, Annalen der Chemie und Pharmazie, 1862, Bd. 121, S. 314.

[10]) Nobbe u. Wolff, zahlreiche Arbeiten mitgeteilt in den Jahresber. f. Agrikulturchemie, 1861 usw.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

nach oben wachsen und am Licht und an der Luft sich ausbreiten kann, während die Wurzel in die im Glasgefäß sich befindende „Nährlösung" eintaucht.

Die Nährlösungen sollen schwach sauer[1]) reagieren, jedenfalls dürfen sie keine alkalische Reaktion zeigen, da sonst die meisten Pflanzen eine Schädigung erleiden. Von Wichtigkeit ist ferner die Konzentration und die Menge der Nährlösung, die der Pflanze zur Verfügung steht. Die Konzentration kann zwischen 1 bis 5 ‰ schwanken.

In Wasserkulturen erlangten die verschiedensten Pflanzen ein üppiges Gedeihen; so berichtet Nobbe[2]), daß Buchweizen in Wasserkulturen eine größere Gewichtszunahme (von 1 auf 4786) aufwies, als bei gewöhnlicher Kultur im Boden. Für Hafer erzielte Wolff[3]) eine Gewichtsvermehrung von 1 auf 2359. Selbst Bäume vermag man in wässerigen Lösungen zu kultivieren, doch versagt bei manchen Pflanzen die Wasserkultur, da diese Methode eine Anpassungsfähigkeit des Wurzelsystems an unnatürliche Bedingungen voraussetzt, die nicht jeder Pflanze zukommt.

Die Ergebnisse der Wasserkultur in Bezug auf die Notwendigkeit der Aschensubstanzen lassen sich dahin zusammenfassen, daß die sechs Elemente Kalium, Calcium, Magnesium, Schwefel, Phosphor und Eisen allen Phanerogamen unentbehrlich sind. Nobbe[4]) glaubte, daß der Buchweizen außerdem noch des Chlors bedürfe, doch widerlegte Adolf Mayer[5]) diese Anschauung und erst in jüngster Zeit erwiesen Versuche von Benecke[6]) und Molisch[7]) die Unentbehrlichkeit des Calciums für die Pilze und für viele Algen.

Von den unentbehrlichen Elementen bedarf die Pflanze einer gewissen Menge und die diesbezüglich erforderlichen Quantitäten wechseln nach der Pflanzenart, soviel steht aber fest, daß der im Minimum vorhandene Nährstoff die Produktionsgröße beherrscht, gleichgültig, ob die andern Nährstoffe im Überschuß vorhanden sind oder nicht. Schon Liebig macht hierauf aufmerksam und stellt die Forderung auf, die Nährstoffe, die dem Boden durch Ernteprodukte entzogen werden, demselben in Form von künstlichen Düngemitteln wieder einzuverleiben. Es ist daher besonders wichtig zu wissen, welche Anforderungen die Pflanzen an den Nährstoffgehalt des Bodens stellen, denn nur dann vermögen wir die Pflanzenproduktion durch Zufuhr von Nährstoffen in rentabler Weise zu erhöhen.

Die Böden haben eine wechselnde Zusammensetzung; sie können mit dem einen Nährstoff reichlich und mit dem andern spärlich versehen sein und es wird sich bei den Böden ein Düngebedürfnis für einen bestimmten Nährstoff zu ver-

[1]) Nach Hellriegel (Unters. über die Stickstoffnahrung 1888, S. 140) ist Lupine gegen saure Lösungen empfindlich.

[2]) Nobbe, Landw. Versuchsstationen, 1868, Bd. 10, S. 1.

[3]) Wolff, Landw. Versuchsstationen, 1868, Bd. 10, S. 351.

[4]) Nobbe, Landw. Versuchsstationen, 1862, Bd. 4, S. 318.

[5]) Ad. Mayer, Journal für Landwirtschaft, 1901, S. 41–60.

[6]) Benecke, Bot. Zentralbl. 1894, Bd. 60, S. 195; Jahresber. f. wissensch. Bot. 1895, Bd. 28, S. 487; Bot. Ztg. 1896, S. 97.

[7]) Molisch, Bot. Zentralbl. 1894, Bd. 60, S. 167; Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1895, Bd. 104, Abt. I, S. 799, u. 1896, Bd. 105, Abt. I, S. 633.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

schiedener Zeit geltend machen. Mit Stallmist geben wir dem Boden zwar sämtliche Nährstoffe, aber durch Stallmistdüngung wird ihm von Kali und Stickstoff mehr zugeführt als von Phosphorsäure. Auf einem phosphorsäurearmen Boden stellt sich bei fortgesetzter schwacher Stallmistdüngung bald Phosphorsäurehunger der Pflanzen ein und es sind keine Höchsternten zu erwarten. Für manche Böden ist daher eine Zufuhr von künstlichen Düngemitteln wirtschaftlicher und rentabler.

Th. de Saussure[1]) zeigte 1804 an Aschenanalysen die Abhängigkeit des Mineralgehaltes der Pflanzen von dem Mineralgehalt des Bodens. Nach de Saussure hatten die Blätter von auf kalkarmem Granitgebirge gewachsenem Rhododendron ferrugineum 16,75% kohlens. Kalk, während die Blätter von auf kalkreichem Jura gewachsenem Rhododendron ferrugineum 43,25% kohlens. Kalk enthielten. Ähnliche Verschiedenheiten in dem Mineralgehalt der Pflanzen je nach den Bodenverhältnissen weist de Saussure noch an Pinus Abies und Vaccinium Myrtillus nach.

Fünfzehn Jahre später fand Jones[2]), daß die Pflanzen an löslichen Salzen reicher werden, wenn man solche dem Boden künstlich zusetzt. Spätere Arbeiten haben weitere Belege für die Abhängigkeit des Nährstoffgehaltes der Pflanzen von dem des Bodens erbracht. So teilt 1836 Unger[3]) mit, daß die Kalk absondernden Saxifrageen, welche auf kalkarmem Tonschiefer wachsen, nur mit sehr dünnen Kalkschüppchen bedeckt waren, während dieselben Gewächse auf Kalkgebirgen oft eine die ganze Blattfläche bedeckende Kalkkruste besitzen, und als Unger die gleichen Pflanzen im Botanischen Garten zu München kultivierte, bildete sich gar kein Kalküberzug. Hier berühren wir die Frage, ob für manche Pflanzen die Gegenwart hoher Kalkmengen im Boden erforderlich ist, während anderen Gewächsen wie z. B. den Sphagnen eine Kalkfeindlichkeit zugesprochen wird. Das normale Fortkommen der Pflanzen setzt die überreichliche Anwesenheit von Kalk nicht voraus und die Untersuchungen von Paul[4]) bestätigten, daß es keine Kalkfeindlichkeit der Sphagna im eigentlichen Sinne des Wortes gibt, sondern eine Empfindlichkeit derselben gegen alkalische Substanzen. Nicht das große Kalkbedürfnis der sogenannten „Kalkpflanzen" an sich ist es, das diesen Pflanzen ihr Fortkommen auf kalkreichem Boden sichert, sondern es entscheidet hier deren Fähigkeit erhebliche Kalkmengen ohne Nachteil zu ertragen, eine Eigenschaft, die andern Pflanzen nicht zukommt.

Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich bei den „Salzpflanzen". Vermöge ihrer Resistenz gegen Chlornatrium finden sich solche auch an Orten, wo der hohe Salzgehalt des Bodens ein Wachstum anderer Gewächse ausschließt, während sie auf

---

[1]) Saussure, „Chem. Unters. über die Vegetation". Übersetzt von Voigt, Leipzig 1805, S. 259.

[2]) Jones, „Über die Ernährung der Pflanzen im allgemeinen u. den Ursprung der Pottasche u. anderer Salze in ihnen insbesondere", Berlin 1819.

[3]) Unger, „Über den Einfluß des Bodens auf die Verteilung der Gewächse, nachgewiesen in der Vegetation des nördlichen Tirols", Wien 1836, S. 189.

[4]) H. Paul, Die Kalkfeindlichkeit der Sphagnen u. ihre Ursache ꝛc.; Mitteilungen der K. B. Moorkulturanstalt, Heft 2, Stuttgart 1908.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

gewöhnlichem Boden der Konkurrenz unterliegen. Thurmann[1]) berichtet, daß eine große Zahl von Kalkpflanzen im Süden Frankreichs auf Urgestein vorkommen und ebenso gedeihen manche Salzpflanzen ganz gut auf salzfreiem Boden. Der kleinere oder größere Gehalt des Bodens an einem Nährstoff bedingt für sich allein nicht das gute Wachstum gewisser Pflanzen, denn hierauf üben andere Vegetationsfaktoren einen ebenso großen Einfluß aus wie der fragliche Nährstoff selbst. Es ist daher wohl möglich, daß wir in größeren Distrikten typischen Kalkpflanzen auf Kieselboden begegnen[2]).

Sobald nun den Gewächsen von einem Nährstoff reichliche Mengen zur Verfügung stehen, nehmen sie von dem im Überschuß vorhandenen Stoff in erhöhtem Maße auf, wodurch indirekte Wirkungen denkbar sind. Fliche und Grandeau[3]) weisen auf diese Möglichkeit hin. Sie analysierten die Asche von Bäumen, die auf Normalboden gewachsen waren und verglichen sie mit der von andern Exemplaren, die auf einem kalkreichen Boden vegetierten. Es stellte sich heraus, daß die Asche der Bäume vom kalkreichen Boden aus erheblich mehr Kalk bestand als die der Bäume vom Normalboden. Mit der Kalkanreicherung ging eine Kaliverminderung Hand in Hand und das kümmerliche Gedeihen der auf kalkreichem Boden gewachsenen Bäume suchen die Forscher dadurch zu erklären, daß der kohlensaure Kalk die sauren Wurzelausscheidungen rasch neutralisiert und so die aufschließende Wirkung derselben auf das schwer lösliche Gestein aufhebt, infolgedessen die Kaliversorgung der auf Normalböden gewachsenen Bäume eine ungenügende war. Außerdem verhindert ein Kalküberschuß mitunter die hinreichende Aufnahme von Magnesium und Eisen und verursacht manchmal die gleichen schädlichen Wirkungen wie ein im Minimum vorhandener Nährstoff. Aus diesem Grunde sucht Schimper[4]) im Eisenmangel die Ursache des schlechten Gedeihens der Kieselpflanzen auf Kalkboden und Roux[5]) führt an, daß die weniger kalkliebenden Pflanzen auf Kalkboden chlorotisch werden.

Hieraus geht hervor, daß unter gewissen Bedingungen die Pflanzen Hunger an einem Nährstoff leiden, selbst dann, wenn derselbe in ausreichender Menge im Boden vorhanden ist. Diese Fälle gehören bei den Kulturböden zu den Ausnahmen und meistens wird sich die Abhängigkeit des Nährstoffgehalts der Pflanze von der Bodenbeschaffenheit in der Pflanzenanalyse wiederspiegeln, wie dies des weiteren auch an Kulturpflanzen beobachtet wurde.

Anderson[6]) untersuchte im Jahre 1857 Gerste, die auf verschiedenen Bodenarten gestanden hatte und konstatierte Schwankungen im Aschengehalt von 0,59 bis 4,70% und im Stickstoffgehalt von 0,99 bis 1,98%. Die Versuchsstation Möckern baute 1857 Bohnen und Rüben auf Sand-, Gips-, Kalk- und Ton-

[1]) Thurmann, 1849. Essai de phytostatique appl. à la chaîne du Jura.

[2]) Nägeli, Bot. Mitteilungen 1866, Bd. 2, S. 159, u. Drude, Pflanzengeographie 1890, S. 49.

[3]) Fliche u. Grandeau, Annals de chimie et de physique, 1873, Bd. IV. 2.

[4]) Schimper, Pflanzengeographie auf physiolog. Grundlage, Jena 1898.

[5]) Roux, 1900. Traité des rapports des plantes avec le sol. Montpellier.

[6]) Journal of Agriculture of the highland and agricultural Society of the Scotland, Nr. 59, p. 287.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

boden und die von Ritter[1]) analysierten Pflanzen lassen deutlich die abweichende Zusammensetzung derselben bei verschiedenem Standorte erkennen.

Im Laufe der vorstehenden Erörterungen wurde hervorgehoben, daß ein größerer Gehalt des Bodens an einem Element eine erhöhte Aufnahme desselben zur Folge hat. Es ist daher die Frage nicht unberechtigt, ob dies stets zutrifft, ob also der höhere oder niedrigere Nährstoffgehalt der Pflanzen einen genügenden oder ungenügenden Nährstoffgehalt des Bodens anzeigt. Im bejahenden Falle müßte man mit Hilfe der Pflanzenanalyse das Düngerbedürfnis des Bodens feststellen können.

Diese wichtige Frage wurde von einer großen Zahl von Forschern bearbeitet, so von A. Weinhold[2]), Hellriegel[3]), Isidore Pierre[4]), A. Emmerling[5]), K. Heinrich[6]), Häßner[7]), A. v. Dikow[8]), Atterberg[9]), Helmkampf[10]), Wilfarth[11]), Tollens[12]), Stahl-Schröder[13]) usw.

Die vielseitigen Bemühungen mit Hilfe der Pflanzenanalyse das Düngerbedürfnis des Bodens zu bestimmen, ergaben ein negatives Resultat und dies war vorauszusehen, wenn man bedenkt, daß es nicht der Nährstoffgehalt des Bodens allein ist, der die Zusammensetzung der Pflanzen beeinflußt, sondern hierauf noch eine ganze Reihe anderer Wachstumsfaktoren wie Wasser, Klima usw. einwirken.

Nichtsdestoweniger ist es verfehlt anzunehmen, die auf die Pflanzenanalyse verwendete Arbeit wäre umsonst gewesen. Im Gegenteil kann ohne Überhebung behauptet werden, daß dabei unvergängliche Werte geschaffen wurden. Erst die diesbezüglichen umfangreichen Untersuchungen zeigten einwandfrei die schwankende chemische Zusammensetzung einer großen Zahl von Kulturgewächsen, je nachdem

---

[1]) Die landw. Versuchsstation, 1. H., S. 14.

[2]) A. Weinhold, „Über die Übereinstimmung der Zusammensetzung von Pflanzenaschen und derjenigen des Bodens". Landwirtsch. Versuchsst., Bd. 4, S. 188 u. Bd. 6., S. 50.

[3]) Hellriegel, Landw. Versuchsst., Bd. 11, S. 136.

[4]) Isidore Pierre: „Recherches experimentales sur le développement du blé", Paris. p. 85.

[5]) A. Emmerling, „Unters. über d. Einfl. d. Bodenbest. auf die Zusammens. von Heu". Landw. Wochenbl. für Schleswig-Holstein, 1875, Nr. 24 u. 25.

[6]) K. Heinrich, Grundlagen zur Beurteilung der Ackerkrume. Wismar 1882.

[7]) Häßner, Unters. über d. Nährstoffgeh. in den Wurzeln und Körnern der Gerste und Verh. desselben zu den im Boden vorh. assimilierb. Pflanzennährst. 1887.

[8]) A. v. Dikow, Beurteilung d. Bodens n. d. Wurzeln d. Gerstenpflanze. Journ. f. Landw. 1891, S. 134—147.

[9]) Atterberg, Die Beurteilung d. Bodenkraft n. d. Analyse d. Haferpflanze. Landw. Jahrbuch 1886, S. 415—419 u. 1887, S. 757—761. Siehe auch Journ. f. Landw. 1901, S. 97—172.

[10]) Ad. Helmkampf, Unters. über d. Feststellung d. Düngungsbed. d. Ackerböden durch die Pflanzenanalyse. Journ. f. Landw. 1892, S. 85—171.

[11]) Wilfarth, Die Anwendung d. Vegetationsvers. zur Bodenanalyse. Chem. Zeitung 1897, S. 819, u. Biedermanns Zentralbl. 1898, S. 223.

[12]) Tollens, Die Aschenbest. d. Pflanzen, ihre Bestimmung u. ihre Bedeutung für die Agrikulturchemie u. die Landwirtsch. Journal f. Landw. 1902, S. 230—275.

[13]) Stahl-Schröder, Kann die Pflanzenanalyse uns Aufschluß über den Geh. an assimilierbaren Nährst. im Boden geben? Journal f. Landw. 1904, S. 31—92 u. S. 193—232.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

diese in dieser oder jener Gegend und auf dieser oder jener Bodenart gewachsen waren. Durch dieselbe erfahren wir den wechselnden Nährstoffgehalt gewisser Pflanzen je nach deren Entwicklungsstadien und lernen die Eigenschaften der Pflanzen kennen, daß sie unter Umständen mehr Nährstoffe aufnehmen als sie zum gedeihlichen Wachstum brauchen und bezeichnen diese Erscheinung als „Luxuskonsumption". Des weiteren zeigen die diesbezüglichen analytischen Daten, welches Nährstoffkapital dem Boden durch die darauf vegetierenden Pflanzen entzogen wird und geben uns wichtige Anhaltspunkte dafür, welche Stoffe dem Boden wieder zuzuführen sind und in welchen Mengenverhältnissen dies voraussichtlich zu geschehen hat.

Aus der Pflanzenanalyse ergeben sich mitunter auch interessante Beziehungen zwischen der Zusammensetzung der Gewächse und deren Standorte und jede diesbezügliche Arbeit erweitert in dieser Hinsicht unsere Kenntnisse. Dies war mit einer der Gründe, weshalb Referent eine größere Zahl von Sphagnen verschiedenen Standortes und Gattung der chemischen Analyse unterwarf. Des ferneren sollte ermittelt werden, ob und welche Gehaltsunterschiede die einzelnen Sphagnengruppen an Pflanzennährstoffen aufweisen, welche Bedeutung den einzelnen Nährstoffen bei der Bildung von Hochmoor zukommt und ob sich gewisse Beziehungen ergeben in der chemischen Zusammensetzung und dem Basenabsorptionsvermögen (Säuregehalt) der Sphagnen. In letzterer Hinsicht kann diese Arbeit aufgefaßt werden als ein Beitrag zu den bereits in Heft 3 und 4 der Mitteilungen der K. Moorkulturanstalt erschienenen Abhandlungen: „Untersuchungen über die Humussäuren".

B. Der Nährstoffgehalt der Sphagnen, ihr Absorptionsvermögen für Basen und die Abhängigkeit desselben von den Nährstoffgehalten.

I. Der Nährstoffgehalt der Sphagnen im allgemeinen.

Verschiedene Beobachtungen ließen erkennen, daß die Schwankungen im Nährstoffgehalt der Pflanzenwurzel kleinere sind als die im Nährstoffgehalt der oberirdischen Pflanzenmasse. Aus diesem Grunde wurden sowohl die unterirdischen wie auch die oberirdischen Pflanzenteile getrennt analysiert und zwar kam nur solches Material zur Verwendung, das zuvor sorgfältigst ausgesucht und tunlichst von jeder Spur fremder Beimischung befreit war. Dies Verfahren hat sich als sehr nützlich erwiesen. Bei den bisherigen Sphagnenanalysen dürfte hierauf wenig Rücksicht genommen worden sein; es hat sich aber bei unseren Analysen gezeigt, daß es durchaus nicht gleichgültig ist, ob man lebende oder abgestorbene Sphagnen der Analyse unterwirft. Die chemische Zusammensetzung lebender Sphagnenteile weicht stets erheblich von der abgestorbener Sphagnenteile ab und wird das Untersuchungsergebnis jeweils von dem Mengenanteil des einen oder anderen Sphagnenteils beeinflußt. Je nach den Standortsverhältnissen und dem Alter erreichen die Sphagnen eine verschiedene Länge. Als wurzellose Gewächse hängen die lebenden Sphagnen mit den abgestorbenen zusammen; wegen der dunklen Färbung der abgestorbenen Sphagnenteile ist eine scharfe Trennung von den helleren lebenden Sphagnen leicht möglich.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Tabelle über den Nährstoffgehalt der in dieser Arbeit

Analysen-Nr. der Sphagnumprobe	Sphagenart	Standort	In 100 Teilen wasserfreien Sphagnen sind enthalten: verbrenn. Stoffe inkl. CO_2	unverbrennliche Stoffe exkl. CO_2	davon in Salzsäure löslich: Reinasche	Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	in Salzsäure Unlösliches	Stickstoff	Verhältniszahl von Kalk = 100 zu: Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Stickstoff
1. Lebende															
77	fuscum	südl. Chiemseemoor	98,260	1,740	1,264	0,291	0,129	0,282	0,046	0,476	0,541	44,3	96,9	15,8	175
79	acutifolium	„ „	98,042	1,958	1,378	0,255	0,129	0,303	0,066	0,580	0,668	50,6	119,0	25,4	260
61	rubellum	„ „	97,293	2,707	2,282	0,317	0,142	0,608	0,078	0,425	0,800	44,8	183,3	24,6	252
63	medium	„ „	97,205	2,795	2,349	0,286	0,108	0,589	0,103	0,446	0,850	37,8	205,9	36,0	297
65	papillosum	„ „	97,207	2,793	2,338	0,259	0,122	0,474	0,055	0,455	0,775	47,1	183,0	21,2	299
75	molluscum	„ „	97,693	2,307	1,453	0,223	0,115	0,306	0,082	0,854	0,956	51,6	137,2	36,8	428
59	cuspidatum	„ „	97,284	2,716	2,350	0,178	0,152	0,647	0,073	0,366	0,724	85,4	363,4	41,0	407
Mittelwerte für die Sphagnen vom südl. Chiemseemoor			**97,570**	**2,430**	**1,916**	**0,258**	**0,128**	**0,458**	**0,072**	**0,514**	**0,759**	**49,6**	**177,5**	**27,9**	**294,2**
108	fuscum	Waizern-Hopferau	97,943	2,057	1,665	0,365	0,206	0,490	0,085	0,392	0,753	56,4	134,3	23,3	206,5
96	„	Hopfensee	97,955	2,045	1,681	0,366	0,178	0,461	0,070	0,364	0,684	48,6	125,9	19,1	186,9
77	„	südl. Chiemseemoor	98,260	1,740	1,264	0,291	0,129	0,282	0,046	0,474	0,541	44,3	96,9	15,8	297,0
Mittelwerte f. Sph. fuscum verschiedenen Standortes			**98,053**	**1,947**	**1,537**	**0,341**	**0,171**	**0,411**	**0,067**	**0,410**	**0,659**	**50,1**	**120,5**	**19,6**	**193,5**
63	medium	südl. Chiemseemoor	97,205	2,795	2,349	0,286	0,108	0,589	0,103	0,446	0,850	37,8	205,9	36,0	297
98	„	Hopfensee	97,814	2,186	1,750	0,420	0,208	0,424	0,087	0,436	1,038	49,5	100,9	20,7	247
Mittelwerte f. Sph. medium verschiedenen Standortes			**97,510**	**2,490**	**2,050**	**0,353**	**0,158**	**0,506**	**0,095**	**0,441**	**0,944**	**44,7**	**143,3**	**26,9**	**267,4**
59	cuspidatum	südl. Chiemseemoor	97,284	2,716	2,350	0,178	0,152	0,647	0,073	0,366	0,724	85,4	363,4	41,0	407
110	„	Waizern-Hopferau	97,564	2,436	1,978	0,245	0,173	0,563	0,081	0,458	0,901	70,6	229,7	33,0	368
100	„	Hopfensee	97,859	2,141	1,782	0,277	0,212	0,531	0,074	0,359	0,768	76,5	191,7	26,7	277
Mittelwerte f. Sph. cuspidatum versch. Standortes			**97,566**	**2,434**	**2,037**	**0,233**	**0,179**	**0,580**	**0,076**	**0,397**	**0,798**	**76,8**	**248,9**	**32,6**	**342**
2. Abgestorbene															
78	fuscum	südl. Chiemseemoor	98,465	1,535	0,998	0,275	0,099	0,044	0,027	0,537	0,429	36,0	16,0	9,8	156
80	acutifolium	„ „	98,219	1,781	1,061	0,248	0,116	0,092	0,046	0,720	0,533	46,8	37,1	18,3	215
62	rubellum	„ „	97,532	2,468	1,763	0,331	0,124	0,276	0,056	0,705	0,682	37,4	83,4	16,9	206
64	medium	„ „	97,445	2,555	1,833	0,274	0,125	0,259	0,049	0,722	0,510	45,6	94,5	17,8	186
66	papillosum	„ „	97,546	2,454	1,774	0,252	0,115	0,273	0,053	0,680	0,616	45,6	108,3	21,0	245
76	molluscum	„ „	97,397	2,603	1,342	0,230	0,102	0,106	0,077	1,261	0,940	44,3	46,1	33,5	409
60	cuspidatum	„ „	97,574	2,426	1,769	0,205	0,103	0,205	0,070	0,657	0,635	41,0	100,0	34,1	310
Mittelwerte für die Sphagnen vom südl. Chiemseemoor			**97,740**	**2,260**	**1,505**	**0,259**	**0,112**	**0,179**	**0,054**	**0,755**	**0,620**	**43,2**	**69,1**	**20,8**	**239,3**
109	fuscum	Waizern-Hopferau	98,206	1,794	1,286	0,399	0,177	0,188	0,046	0,508	0,459	44,4	47,7	11,5	115,6
97	„	Hopfensee	98,294	1,706	1,241	0,402	0,167	0,200	0,049	0,465	0,490	41,5	49,7	12,2	122,0
78	„	südl. Chiemseemoor	98,465	1,535	0,998	0,275	0,099	0,044	0,027	0,537	0,429	36,0	16,0	9,8	156,0
Mittelwerte f. Sph. fuscum verschiedenen Standortes			**98,321**	**1,679**	**1,175**	**0,359**	**0,148**	**0,144**	**0,041**	**0,504**	**0,459**	**41,2**	**40,1**	**11,4**	**127,8**
64	medium	südl. Chiemseemoor	97,445	2,555	1,833	0,274	0,125	0,259	0,049	0,722	0,510	45,6	94,5	17,8	186
99	„	Hopfensee	97,850	2,150	1,550	0,427	0,167	0,203	0,067	0,600	0,666	39,1	47,6	15,2	156
Mittelwerte f. Sph. medium verschiedenen Standortes			**97,637**	**2,353**	**1,691**	**0,350**	**0,146**	**0,231**	**0,058**	**0,661**	**0,588**	**41,7**	**66,0**	**16,6**	**168**
60	cuspidatum	südl. Chiemseemoor	97,574	2,426	1,769	0,205	0,103	0,205	0,070	0,657	0,635	41,0	100,0	34,1	310
111	„	Waizern-Hopferau	97,176	2,824	1,558	0,367	0,138	0,254	0,055	1,266	0,630	37,6	69,2	15,0	172
101	„	Hopfensee	97,661	2,339	1,509	0,357	0,177	0,182	0,058	0,830	0,658	49,6	50,9	16,2	184
Mittelwerte f. Sph. cuspidatum versch. Standortes			**97,470**	**2,530**	**1,612**	**0,310**	**0,139**	**0,214**	**0,061**	**0,918**	**0,641**	**44,8**	**69,0**	**19,7**	**207**

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

besprochenen lebenden und abgestorbenen Hochmoor-Sphagnen.

Die Rohasche enthält in %					Die Reinasche enthält in %				Auf 100 Aschen-, Nährstoff- und Wasserstoffteile der wasserfreien lebenden Sphagnen entfallen wieviel Aschen-, Nährstoff- und Wasserstoffteile der wasserfreien abgestorbenen Sphagnen								
Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Reinasche	Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Rohasche	Reinasche	in Salzsäure Unlösliches	Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Stickstoff	Wasserstoff
Pflanzenteile.																	
16,72	7,41	16,2	2,64	72,6	23,02	10,26	22,30	3,54	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13,02	6,59	15,5	3,37	70,3	18,50	9,36	21,00	4,79	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11,71	5,25	25,5	2,88	84,2	13,89	6,22	26,6	3,42	.	.	.	.	.	.	.	.	.
10,23	3,86	21,1	3,68	84,0	12,17	4,59	25,1	4,38	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9,27	4,37	16,9	1,94	83,9	11,08	5,22	20,2	2,35	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9,66	4,98	13,2	3,55	63,0	15,34	7,91	21,0	5,64	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6,56	5,59	23,8	2,69	86,5	7,57	6,47	27,5	3,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.
10,61	**5,26**	**18,8**	**2,96**	**78,8**	**13,46**	**6,68**	**23,9**	**3,76**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
17,74	10,01	23,82	4,13	80,9	21,92	12,37	29,43	5,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17,89	8,70	22,55	3,42	82,2	21,77	10,59	27,42	4,16	.	.	.	.	.	.	.	.	.
16,72	7,41	16,20	2,64	72,6	23,02	10,20	22,30	3,64	.	.	.	.	.	.	.	.	.
17,51	**8,78**	**21,11**	**3,44**	**78,9**	**22,18**	**11,12**	**26,74**	**4,36**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
10,23	3,86	21,10	3,68	84,0	12,17	4,59	25,10	4,38	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19,21	9,51	19,39	3,98	80,0	24,00	11,88	24,22	4,97	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14,50	**6,34**	**20,32**	**3,80**	**82,3**	**17,22**	**7,70**	**24,68**	**4,63**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
6,56	5,59	23,80	2,69	86,5	7,57	6,47	27,50	3,10	.	.	.	.	.	.	.	.	.
10,06	7,10	23,11	3,32	81,2	12,39	8,74	28,46	4,09	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12,94	9,90	24,80	3,46	83,2	15,54	11,89	29,79	4,15	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9,57	**7,35**	**23,83**	**3,12**	**84,5**	**11,43**	**8,78**	**28,47**	**3,73**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
Pflanzenteile.																	
17,91	6,45	2,86	1,76	65,0	27,55	9,92	4,41	2,70	88,2	78,9	112,8	94,5	76,7	15,6	58,7	80,6	104,2
13,92	6,51	5,16	2,58	59,6	23,37	10,93	8,67	4,33	90,9	77,0	124,1	97,2	89,9	30,4	69,7	79,8	101,8
13,41	4,94	11,20	2,27	71,4	18,77	7,03	15,60	3,18	91,2	77,2	165,9	104,4	87,3	45,4	71,8	85,2	103,7
10,72	4,89	10,10	1,91	71,7	14,94	6,82	14,10	2,67	91,4	78,0	161,9	95,8	115,7	44,0	47,6	60,0	108,1
10,27	4,69	11,10	2,16	72,2	14,20	6,48	15,30	2,99	87,9	75,9	149,4	97,3	94,3	57,6	96,4	79,5	108,4
8,83	3,92	4,07	2,99	51,6	17,13	7,60	7,90	5,74	112,8	92,4	147,6	103,1	88,7	34,6	93,9	98,3	103,7
8,45	4,25	8,40	2,88	72,9	11,59	5,82	11,60	3,96	89,3	75,2	179,3	115,1	67,8	31,7	95,9	87,7	112,7
11,46	**4,95**	**7,92**	**2,39**	**66,6**	**17,21**	**7,44**	**11,89**	**3,59**	**93,0**	**78,5**	**146,9**	**100,3**	**87,5**	**39,1**	**75,0**	**81,7**	**105,7**
22,18	9,86	10,48	2,56	71,6	31,02	13,76	14,62	3,57	87,2	77,2	129,6	109,0	86,0	38,3	54,1	60,9	108,7
23,56	9,79	11,72	2,87	72,7	32,39	13,45	16,11	3,95	83,4	73,8	127,7	109,8	93,8	43,4	70,0	80,4	102,1
17,91	6,45	2,86	1,76	65,0	27,55	9,92	4,41	2,70	88,2	78,9	112,8	94,5	76,7	15,6	58,7	79,3	104,2
21,38	**8,81**	**8,57**	**2,44**	**70,0**	**30,55**	**12,59**	**12,25**	**3,49**	**86,2**	**76,4**	**123,0**	**105,2**	**86,5**	**35,0**	**61,2**	**69,6**	**105,0**
10,72	4,89	10,10	1,91	71,7	14,94	6,82	14,10	2,67	91,4	78,0	161,9	95,8	115,7	44,0	47,6	60,0	108,1
19,86	7,77	9,44	3,11	71,8	27,55	10,78	13,09	4,32	98,3	88,6	137,3	101,6	80,3	47,9	77,0	64,1	100,0
14,87	**6,20**	**9,82**	**2,46**	**71,8**	**20,70**	**8,63**	**13,66**	**3,43**	**94,5**	**82,5**	**149,9**	**99,1**	**92,4**	**45,6**	**61,0**	**62,3**	**103,8**
8,45	4,25	8,40	2,88	72,9	11,50	5,82	11,60	3,96	89,3	75,2	179,5	115,1	67,8	31,7	95,9	87,7	112,7
12,99	4,89	8,99	1,94	55,2	23,55	8,86	16,30	3,53	115,9	78,3	276,4	149,8	79,7	45,1	67,9	69,9	109,5
15,26	7,57	7,78	2,48	64,1	23,66	11,73	12,06	3,84	109,2	84,7	231,2	128,9	83,5	34,3	78,3	85,7	107,0
12,25	**5,49**	**8,45**	**2,41**	**63,7**	**19,23**	**8,62**	**13,27**	**3,78**	**103,9**	**79,1**	**231,2**	**123,0**	**78,2**	**36,9**	**80,2**	**80,3**	**109,8**

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

1. Hochmoorsphagnen.

Von den Hochmoorsphagnen gelangte eine größere Zahl verschiedener Sphagnenspezies zur Untersuchung. Um die Abhängigkeit ihres Nährstoffgehaltes vom Standorte zu erforschen, wurden einige Sphagnen mehreren örtlich getrennten Mooren entnommen. Der Nährstoffgehalt der oberirdischen und unterirdischen Pflanzenteile gelangt überall gesondert zur Erörterung.

Lebende Sphagnen: Vom südlichen Chiemseemoor bei Bernau wurden Sphagnum fuscum, acutifolium, rubellum, medium, papillosum, molluscum und cuspidatum analysiert. Sämtliche Sphagnen entstammen dem Moorteil, der die Bezeichnung „Kühwampen" trägt. Derselbe ist der Vegetation nach ein typisches Hochmoor, bei welchem Sphagneto-Calluneto-Rhynchosporetum, Sphagneto-Rhynchosporetum und Sphagneto-Calluneto-Eriophoretum am verbreitetsten sind. Latschen fehlen diesem Moorteil ganz und auch andere Hochmoorpflanzen wie Droseraarten, Vaccinien finden sich nur spärlich. Die Vegetation des Kühwampen ist eine recht gleichförmige und auch äußerlich sind keine Terrainverschiedenheiten wahrzunehmen. Den gleichmäßigen Standortsverhältnissen entspricht die nur wenig von einander abweichende chemische Zusammensetzung der sieben Sphagnenarten.

In der Sphagnentrockensubstanz finden sich 1,740—2,795 % unverbrennlicher Stoffe (Rohasche), 1,264—2,350 % lösliche Mineralbestandteile (Reinasche), 0,178—0,317 % Kalk (CaO), 0,108—0,152 % Magnesia (MgO), 0,282—0,647 % Kali (K_2O), 0,046—0,103 % Phosphorsäure (P_2O_5) und 0,541—0,956 % Stickstoff (N). Im Mittel sind in der Trockensubstanz der lebenden Hochmoorsphagnen enthalten 2,430 % Rohasche, 1,916 % Reinasche, 0,258 % CaO, 0,128 % MgO, 0,458 % K_2O, 0,072 % P_2O_5 und 0,759 % N. Am wenigsten Nährstoffe weisen Sphagnum fuscum, acutifolium und molluscum auf und am meisten Sphagnum cuspidatum, rubellum, medium und papillosum. Auf welche Ursachen sich die Verschiedenheiten im Nährstoffgehalt der Sphagnen zurückführen lassen, wird in einem anderen Kapitel gezeigt werden.

Bei den lebenden Sphagnen vom Chiemseehochmoor entfallen im Mittel auf 100 Teile Kalk, 49,6 Teile Magnesia, 177,5 Teile Kali, 27,9 Teile Phosphorsäure und 294,2 Teile Stickstoff. Der Phosphorsäuregehalt der Sphagnen beläuft sich im Mittel auf etwa den vierten Teil und der Magnesiagehalt auf zirka die Hälfte des Kalkgehaltes, hingegen beträgt der Kaligehalt das 1,77fache und der Stickstoffgehalt fast das Dreifache des Kalkgehaltes.

Beträchtliche Unterschiede sind im Roh- und Reinaschegehalt der lebenden Sphagnenteile zu verzeichnen. Die Rohasche führt 6,56—16,72 % CaO, 3,86 bis 7,41 % MgO, 13,2—25,5 % K_2O und 1,94—3,68 % P_2O_5 und der Nährstoffgehalt der Reinasche erhöht sich auf 7,57—23,02 % CaO, 4,59 bis 10,20 % MgO, 20,2—27,5 % K_2O und 2,35—5,64 % P_2O_5. Im Mittel setzt sich die Rohasche zusammen aus 10,61 % CaO, 5,26 % MgO, 18,8 % K_2O und 2,96 % P_2O_5 und die Reinasche aus 13,46 % CaO, 6,68 % MgO, 23,9 % K_2O und 3,76 % P_2O_5. Die Aschen der lebenden Sphagnen enthalten am meisten Kali und mit abfallendem Gehalte folgen deren Kalk-, Magnesia- und Phosphorsäuregehalte. Der Magnesiagehalt der Aschen beträgt fast genau die Hälfte des

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Kalkgehaltes derselben. Der Gehalt der Rohasche an Reinasche schwankt zwischen 63,0—86,5 % und stellt sich im Mittel auf 78,8 %.

Von dem Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau unweit Füssen kamen Sphagnum fuscum und cuspidatum zur Untersuchung. An den Probestellen des Sphagnum fuscum oder in unmittelbarer Nähe derselben fanden sich vor: Sphagnum medium, Scirpus caespitosus, Drosera rotundifolia, Vaccinium oxycoccos und kleine Pinus montana, und an denen des Sphagnum cuspidatum wurden gefunden: Scirpus caespitosus, Andromeda, Vaccinium oxycoccos, Drosera rotundifolia, Calluna vulgaris und Eriophorum vaginatum. Wir haben es auch hier mit einer typischen Hochmoorflora zu tun, die insofern von der des südlichen Chiemseemoores abweicht, als diesem Moore Scirpus caespitosus und Latschen fehlen.

Das lebende Sphagnum fuscum vom Moor beim Bahnhof Waizern-Hopferau enthält in der Trockensubstanz 0,365 % CaO, 0,206 % MgO, 0,490 % K_2O, 0,085 % P_2O_5 und 0,753 % N und das lebende Sphagnum cuspidatum desselben Moores führt an Nährstoffen 0,245 % CaO, 0,173 % MgO, 0,563 % K_2O, 0,081 % P_2O_5 und 0,901 % N; die Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung beider Sphagnen sind noch geringere als die derselben Sphagnenarten vom südlichen Chiemseemoor. Hier ist zu erwähnen, daß beide Sphagnenarten vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau fast durchweg einen höheren Gehalt an den einzelnen Mineralbestandteilen und an Stickstoff aufweisen als die gleichen Sphagnenarten vom südlichen Chiemseemoore, und Analoges zeigt sich auch im Nährstoffgehalt ihrer Aschen.

Wie beim südlichen Chiemseemoor, so sind auch bei den Aschen der lebenden Sphagnen, die vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau stammen, erhebliche Schwankungen in deren einzelnen Mineralstoffbestandteilen zu konstatieren. Während die Rohasche von Sphagnum fuscum 17,74 % CaO, 10,01 % MgO, 23,82 % K_2O und 4,13 % P_2O_5 aufweist, enthält die von Sphagnum cuspidatum 10,06 % CaO, 7,10 % MgO, 23,11 % K_2O und 3,32 % P_2O_5 und die diesbezüglichen Gehalte der Reinasche betragen für Sphagnum fuscum 21,92 % CaO, 12,37 % MgO, 29,43 % K_2O und 5,10 % P_2O_5 beziehungsweise für Sphagnum cuspidatum 12,39 % CaO, 8,74 % MgO, 28,46 % K_2O und 4,09 % P_2O_5.

Von drei Sphagnenarten, die dem Moor südlich vom Hopfensee bei Füssen entstammen, wurde ebenfalls die chemische Zusammensetzung ermittelt. Es sind dies die Torfmoose Sphagnum fuscum, medium und cuspidatum. Der Pflanzenbestand bei den Probeentnahmestellen von Sphagnum fuscum war folgender: Sphagnum fuscum, medium, acutifolium, Vaccinium uliginosum, vitis idaea, myrtillus, oxycoccos, Calluna, Eriophorum vaginatum, Carex pauciflora, Leucobryum, Cladonia rangiferina, Hypnum Schreberi und lichtes Latschengebüsch. Die Moorpartien, von denen Sphagnum medium und Sphagnum cuspidatum entnommen sind, tragen eine einheitliche Flora und zwar nachstehende: Sphagnum medium, cuspidatum, rubellum, papillosum, molluscum, Rhynchospora alba, Andromeda, Scirpus caespitosus, Drosera rotundifolia, Calluna, Carex pauciflora und Vacci-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

nium oxycoccos. Die Vegetation des Moores südlich vom Hopfensee ähnelt viel der des Moores am Bahnhof Waizern-Hopferau. Neu hinzu kommen hier außer verschiedenen Sphagnenspezies nur Carex pauciflora.

Die prozentische Zusammensetzung vom Sphagnum fuscum und Sphagnum cuspidatum des Moores südlich vom Hopfensee ist fast genau dieselbe wie diejenige der gleichen Sphagnen vom Moore am Bahnhof von Waizern-Hopferau, so daß es sich erübrigt die diesbezüglichen Zahlenwerte anzuführen. Der Gehalt der Sphagnum medium-Trockensubstanz des Moores südlich vom Hopfensee an den einzelnen Nährstoffen stellt sich auf 0,420 % CaO, 0,208 % MgO, 0,424 % K_2O, 0,087 % P_2O_5 und 1,038 % N, erhebt sich sonach bei den meisten Nährstoffen über den des Sphagnum medium vom südlichen Chiemseemoor.

Auch der Mineralstoffgehalt der Roh- und Reinasche vom Sphagnum fuscum und dem Sphagnum cuspidatum des Moores südlich vom Hopfensee kommt so nahe dem der Aschen der Sphagnen vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau, daß auf die dortigen Zahlenangaben verwiesen wird. Die Aschen vom Sphagnum medium des erstgenannten Moores führen nahezu die doppelte Kalk- und fast die dreifache Magnesiamenge wie die des Sphagnum medium vom südlichen Chiemseemoore, während ihr Gehalt an Kali und Phosphorsäure dieselbe Höhe erreicht. Die Rohasche der drei Sphagnen dieses Moores enthält 80,0—83,2 % Reinasche und ihr mittlerer Gehalt der Rohasche an Reinasche stellt sich auf 81,8 %, ist demnach im Durchschnitt um 2,9 % höher als der der sieben Sphagnenarten vom südlichen Chiemseemoor.

Ziehen wir nun aus sämtlichen Hochmoorsphagnen verschiedenen Standortes das Mittel ihrer chemischen Zusammensetzung, so ergibt sich deren Nährstoffgehalt im Gesamtmittel zu 0,309 % CaO, 0,169 % MgO, 0,499 % K_2O, 0,079 % P_2O_5 und 0,800 % N. Durch Berechnung des Gesamtmittels der Zusammensetzung der lebenden Hochmoorsphagnen ergeben sich zwar gegenüber dem mittleren Nährstoffgehalt der Sphagnen vom südlichen Chiemseemoor fast durchweg kleine Gehaltserhöhungen für die einzelnen Mineralbestandteile, dieselben sind aber so unerhebliche, daß die Verhältniszahl von Kalk zu den anderen Nährstoffen im Gesamtmittel keine wesentliche Verschiebung erleidet.

Abgestorbene Sphagnen: Der Nährstoffgehalt der Proben von den sieben abgestorbenen Sphagnen des südlichen Chiemseemoores ist folgender: 0,205—0,331 % CaO, 0,099—0,125 % MgO, 0,044—0,276 % K_2O, 0,027—0,077 % P_2O_5 und 0,429—0,940 % N. Im Mittel finden sich in den abgestorbenen Sphagnen 0,259 % CaO, 0,112 % MgO, 0,179 % K_2O, 0,054 % P_2O_5 und 0,620 % N. An Mineralstoffen führt deren Rohasche 8,45—17,91 % CaO, 3,92—6,51 % MgO, 2,86—11,20 % K_2O und 1,76 bis 2,99 % P_2O_5 und ihre Reinasche 11,59—27,55 % CaO, 5,82—10,93 % MgO, 4,41—15,60 % K_2O und 2,70—5,74 % P_2O_5. Im Durchschnitt enthält die Rohasche der abgestorbenen Sphagnen 11,46 % CaO, 4,95 % MgO, 7,92 % K_2O und 2,39 % P_2O_5 und deren Reinasche 17,21 % CaO, 7,44 % MgO, 11,89 % K_2O und 3,59 % P_2O_5.

Bei den lebenden Sphagnen ist der Kaligehalt der Aschen der größte; wir sehen nun, daß dies bei den abgestorbenen Sphagnen nicht der Fall ist, daß viel-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

mehr ihr Kalkgehalt die erste Stelle einnimmt. Der prozentische Anteil der Rohasche der abgestorbenen Sphagnen an Kalk, Magnesia und Phosphorsäure hält sich mit demjenigen der Rohasche der lebenden Sphagnen annähernd auf gleicher Höhe, während sich der Kalk- und Magnesiagehalt der Reinasche der ersteren über denjenigen der letzteren erhebt und ihre Phohporsäuregehalte fast gleichbleiben. Der Gehalt der Rohasche an Reinasche bei den abgestorbenen Sphagnen schwankt zwischen 51,6—72,9 % und beträgt im Mittel 66,6 %. Die Rohasche derselben weist im Durchschnitt um 12,2 % weniger lösliche Mineralstoffe auf als die der lebenden Sphagnen. Demnach müssen die lebenden Sphagnen gewisse Nährstoffe der abgestorbenen Sphagnen zu ihrem Wachstum verwendet haben, oder infolge des beginnenden Vertorfungsprozesses sind dieselben verloren gegangen. Inwiefern das eine oder andere der Fall ist, wird anderen Orts erörtert.

Bei den abgestorbenen Sphagnen des südlichen Chiemseemoores kommen im Mittel auf 100 Teile Kalk, 43,2 Teile Magnesia, 69,1 Teile Kali, 20,8 Teile Phosphorsäure und 239,3 Teile Stickstoff. Der Phosphorsäuregehalt beträgt bei den abgestorbenen Sphagnen $^1/_5$, der Magnesiagehalt $^2/_5$ und der Kaligehalt $^7/_{10}$ des Kalkgehaltes, während der Stickstoffgehalt noch das 2,4fache des Kalkgehaltes ausmacht.

Die Nährstoffgehalte der wasserfreien abgestorbenen Sphagnum fuscum- und Sphagnum cuspidatum-Proben vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau wurden gefunden für ersteres Torfmoos mit 0,399 % CaO, 0,177 % MgO, 0,188 % K_2O, 0,046 % P_2O_5 und 0,459 % N und für letzteres mit 0,367 % CaO, 0,138 % MgO, 0,254 % K_2O, 0,055 % P_2O_5 und 0,630 % N, sie erheben sich demnach in fast allen Fällen über diejenigen der gleichen Sphagnenarten vom südlichen Chiemseemoor.

Das Sphagnum fuscum enthält in der Rohasche 23,56 % CaO, 9,79 % MgO, 11,72 % K_2O und 2,87 % P_2O_5 und in der Reinasche 32,39 % CaO, 13,45 % MgO, 16,11 % K_2O und 3,95 % P_2O_5, die Zusammensetzung seiner Asche ähnelt demnach sehr derjenigen der Aschen vom Sphagnum fuscum des südlichen Chiemseemoores. Hingegen ist der Prozentgehalt der Aschen vom Sphagnum cuspidatum dieses Moores an den einzelnen Mineralstoffbestandteilen ein verschiedener von denen der Aschen des Sphagnum cuspidatum vom südlichen Chiemseemoor, was besonders im Kalkgehalt zum Ausdruck kommt.

Was nun die chemische Zusammensetzung der vom Moor südlich vom Hopfensee entnommenen abgestorbenen Sphagnenproben betrifft, sei erwähnt, daß das Sphagnum fuscum und das Sphagnum cuspidatum dieses Moores einen Nährstoffgehalt aufweisen, der von dem der abgestorbenen Sphagnen, die vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau stammen, nur unbedeutend abweicht und wird darum auf die dort gemachten Daten hingewiesen. Das Sphagnum medium des Moores südlich vom Hopfensee enthält in der Trockensubstanz 0,427 % CaO, 0,167 % MgO, 0,203 % K_2O, 0,067 % P_2O_5 und 0,666 % N. Sein Kalk- und Magnesiagehalt ist beträchtlich höher als bei der Probe vom südlichen Chiemseemoor. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich im Nährstoffgehalte der Aschen des Sphagnum medium beider Moore, denn die Rohasche der Probe vom Moor südlich vom Hopfensee weist 9,14 % CaO und 2,88 % MgO und die Reinasche

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

9,81 % CaO und 3,96 % MgO mehr auf wie die Aschen der Proben vom südlichen Chiemseemoor.

2. Waldmoorsphagnen.

Die Waldmoorsphagnen sind — wie der Name schon vermuten läßt — dem Moorwald entnommen. Sphagnum cymbifolium, acutifolium und recurvum entstammen den Waldmoorpartien des südlichen Chiemseemoores, die den Namen „Kühwampen" tragen, unmittelbar an das Versuchsfeld der Moorkulturstation Bernau anstoßen und sich zum Förchensee hinziehen, weshalb dieselben der Kürze halber mit „Förchenseewald" bezeichnet werden. Der Förchenseewald ist auf einem nährstoffreichen Wiesenmoor aufgewachsen, dessen Moortiefe an den Entnahmestellen der Sphagnen etwa einen Meter beträgt. Es ist ein schöner Kiefernwald mit spärlicher Bodenvegetation. Sphagnum acutifolium und Sphagnum cymbifolium kommen an trockenen Waldpartien vor, deren Flora außer Sphagnen noch aus Hypnen, Leucobryum, Rausch- und Heidelbeere besteht. Das Sphagnum recurvum findet sich an nassen Waldstellen, die keine weitere Vegetation aufweisen.

Sphagnum Girgensohnii und parvifolium treten im Förchenseewald nicht auf, sondern in Waldmoorpartien des südlichen Chiemseemoores, die den Namen „Rottauer-Filze oder Weitmoos" tragen, unweit Farbing bei der Rottauer Achen gelegen sind und in der Folge mit „Weitmooswald" benannt werden. Der Weitmooswald steht ebenfalls auf einem ca. einen Meter mächtigen Wiesenmoor.

Tabelle über den Nährstoffgehalt der in dieser Arbeit

Analysen-Nr. der Sphagnumprobe	Sphagnenart	Standort	In 100 Teilen wasserfreien Sphagnen sind enthalten									Verhältniszahl von Kalk = 100 zu			
			verbrennl. Stoffe inkl. CO_2	unverbrennliche Stoffe exkl. CO_2	Davon in Salzsäure löslich					in Salzsäure Unlösliches	Stickstoff				
					Reinasche	Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure			Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Stickstoff
1. Lebende															
71	cymbifolium	Förchensee-Moorwald	96,770	3,230	2,401	0,405	0,141	0,694	0,176	0,829	1,243	34,9	171,3	43,9	307
85	parvifolium	Weitmoos- „	97,481	2,519	2,252	0,184	0,131	0,920	0,266	0,267	1,177	71,2	500,0	144,5	639
67	acutifolium	Förchensee- „	97,449	2,551	1,983	0,350	0,102	0,552	0,218	0,568	1,719	29,2	157,7	62,3	491
83	Girgensohnii	Weitmoos- „	96,654	3,346	2,894	0,542	0,235	1,002	0,287	0,452	1,652	43,3	184,9	52,9	304
69	recurvum	Förchensee- „	94,814	5,186	2,772	0,270	0,094	1,065	0,169	2,414	1,831	34,8	394,4	62,6	678
Mittelwerte für die Sphagnen vom Förchensee- und Weitmoos-Moorwald			**96,634**	**3,366**	**2,460**	**0,350**	**0,140**	**0,846**	**0,22**	**0,906**	**1,524**	**40,0**	**241,7**	**63,7**	**435,4**
2. Abgestorbene															
72	cymbifolium	Förchensee-Moorwald	96,615	3,385	1,997	0,573	0,158	0,373	0,106	1,388	0,894	27,6	65,1	18,5	156
86	parvifolium	Weitmoos- „	97,964	2,036	1,502	0,404	0,142	0,285	0,170	0,534	0,808	35,1	70,5	42,0	200
68	acutifolium	Förchensee- „	96,757	3,243	1,793	0,550	0,090	0,163	0,135	1,450	1,198	16,4	29,6	24,5	218
84	Girgensohnii	Weitmoos- „	96,636	3,364	2,405	0,778	0,141	0,374	0,180	0,959	1,279	18,1	48,1	23,1	165
70	recurvum	Förchensee- „	90,596	9,404	3,066	0,355	0,143	0,362	0,150	6,338	1,223	40,3	101,9	42,2	344
Mittelwerte für die Sphagnen vom Förchensee- und Weitmoos-Moorwald			**95,714**	**4,286**	**2,154**	**0,532**	**0,135**	**0,311**	**0,148**	**2,132**	**1,080**	**25,4**	**58,5**	**27,8**	**203,0**

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Sein Baumbestand ist ein lückenhafter und auch der Baumwuchs läßt zu wünschen übrig. Die verderblichen Einflüsse der in ihn eindringenden Hochmoorflora machen sich schon stark bemerkbar und in absehbarer Zeit fällt der Weitmooswald der Vernichtung anheim. Das Sphagnum Girgensohnii hat sich mehr an den trockeneren mittleren Waldpartien seinen Platz erobert, während das Sphagnum parvifolium an den Waldrändern zum Hochmoor hin Verbreitung fand. Wo das erstere Sphagnum gesammelt wurde, kommen Föhren, vereinzelte Birken und Latschen, Heidel- und Rauschbeere, Polytrichum, Molinia, Thuidien und Hypnen vor und an den Probestellen des letzteren Sphagnum finden sich Föhren, Latschen, Rausch-, Heidel- und Moosbeere, Eriophorum vaginatum, Aulacomnium palustre und Sphagnen.

Lebende Sphagnen: Die chemische Zusammensetzung des Sphagnum acutifolium des Waldes weicht erheblich von der des Sphagnum acutifolium des Hochmoores ab und ist folgende: 0,350 % CaO, 0,102 % MgO, 0,552 % K_2O, 0,218 % P_2O_5 und 1,719 % N. Wir begegnen bei ihm auffallend hohen Phosphorsäure- und Stickstoffgehalten. An Mineralstoffen führt seine Rohasche 13,72 % CaO, 4,00 % MgO, 21,60 % K_2O und 8,54 % P_2O_5 und die Reinasche 17,65 % CaO, 5,14 % MgO, 27,80 % K_2O und 10,99 % P_2O_5. Seine Aschen sind verhältnismäßig reich an Phosphorsäure, aber relativ arm an Kalk und Magnesia.

besprochenen lebenden und abgestorbenen Waldmoorsphagnen.

Die Rohasche enthält in %					Die Reinasche enthält in %				Auf 100 Aschen-, Nährstoff- u. Wasserstoffteile der wasserfr. lebenden Sphagnen entfallen wieviel Aschen-, Nährstoff- und Wasserstoffteile der wasserfr. abgestorbenen Sphagnen								
Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Reinasche	Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Rohasche	Reinasche	in Salzsäure Unlösliches	Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Stickstoff	Wasserstoff
Pflanzenteile																	
12,54	4,37	21,50	5,45	74,3	16,86	5,87	28,90	7,33									
7,30	5,20	36,50	10,56	89,4	8,17	5,81	40,80	11,81									
13,72	4,00	21,60	8,54	77,7	17,65	5,14	27,80	10,99									
16,19	7,02	29,90	8,58	86,5	18,72	8,12	34,70	9,91									
5,20	1,81	20,50	3,26	53,4	9,74	3,39	38,40	6,09									
10,39	**4,16**	**25,13**	**6,62**	**73,0**	**14,22**	**5,69**	**34,39**	**9,06**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
Pflanzenteile																	
16,94	4,66	11,00	3,13	59,0	28,69	7,91	18,70	5,31	104,8	83,2	167,4	141,4	112,0	53,7	60,2	71,9	98,3
19,84	6,97	14,00	8,35	73,7	26,89	9,46	18,90	11,31	80,8	66,7	200,0	219,5	108,4	31,0	63,9	68,6	103,4
16,96	2,78	5,00	4,16	55,2	30,67	5,02	9,10	7,53	127,1	90,4	255,3	157,1	88,2	29,5	61,9	69,7	110,1
23,12	4,19	11,10	5,35	71,5	32,34	5,86	15,60	7,48	100,6	83,1	212,2	143,5	60,0	37,3	62,7	77,4	97,9
3,77	1,52	3,80	1,60	32,6	11,58	4,66	11,80	4,89	181,3	110,6	262,5	131,5	152,1	34,0	88,8	66,7	105,5
12,41	**3,15**	**7,26**	**3,45**	**50,3**	**24,70**	**6,27**	**14,44**	**6,87**	**127,4**	**87,6**	**235,3**	**152,0**	**96,4**	**36,8**	**66,4**	**70,8**	**103,0**

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Beim Sphagnum cymbifolium finden ſich nicht die hohen Gehalte an Phosphorſäure und Stickſtoff wie beim Sphagnum acutifolium, nichtsdeſtoweniger erheben ſich dieſe noch beträchtlich über diejenigen der Hochmoorſphagnen überhaupt. Anderſeits enthält das Sphagnum cymbifolium mehr Kalk, Kali und Magneſia als das Sphagnum acutifolium und was die Zuſammenſetzung ſeiner Aſchen betrifft, ſei bemerkt, daß nur bezüglich des Phosphorſäuregehaltes eine größere Minderung gegenüber dem der Aſchen des Sphagnum acutifolium zu konſtatieren iſt.

Das an Gräben geſammelte Sphagnum recurvum enthält weniger Kalk, Magneſia und Phosphorſäure wie die vorangeführten beiden Waldſphagnen, aber mehr Kali und Stickſtoff als dieſe. Seine Zuſammenſetzung iſt nachverzeichnete: 0,270% CaO, 0,094% MgO, 1,065% K_2O, 0,169% P_2O_5 und 1,831% N. Da die Rohaſche des Sphagnum recurvum bloß 53,4% lösliche Mineralſtoffe führt, erreicht ihr Nährſtoffgehalt nur nachſtehende Werte: 5,20% CaO, 1,81% MgO, 20,50% K_2O und 3,26% P_2O_5. Die Reinaſche hingegen weiſt annähernd den gleichen Prozentſatz an Mineralbeſtandteilen auf wie die des Sphagnum acutifolium und Sphagnum cymbifolium.

Das waſſerfreie Sphagnum Girgensohnii des Weitmooswaldes enthält 0,542% CaO, 0,235% MgO, 1,002% K_2O, 0,287% P_2O_5 und 1,652% N, ſein Nährſtoffgehalt iſt demnach der größte aller Waldmoorſphagnen. Dies kommt auch in der nachſtehend angeführten Zuſammenſetzung ſeiner Aſchen zum Ausdruck: Rohaſche 16,19% CaO, 7,02% MgO, 29,90% K_2O und 8,58% P_2O_5; Reinaſche 18,72% CaO, 8,12% MgO, 34,74% K_2O und 9,91% P_2O_5. Der in Salzſäure lösliche Anteil ſeiner Rohaſche ſtellt ſich auf 86,5%, erhebt ſich ſomit um 33,1% über den der Sphagnum recurvum-Rohaſche.

Entſprechend dem Vorkommen des Sphagnum parvifolium in der ärmeren Hochmoorrandzone hat dasſelbe auch den niedrigſten Nährſtoffgehalt unter den Waldmoorſphagnen. Derſelbe ſtellt ſich für die Trockenſubſtanz auf 0,184% CaO, 0,131% MgO, 0,920% K_2O, 0,266% P_2O_5 und 1,177% N. Das Sphagnum parvifolium enthält weniger Kalk, nahezu gleichviel Magneſia, aber bedeutend mehr Kali, Phosphorſäure und Stickſtoff als im Mittel die Hochmoorſphagnen an den diesbezüglichen Mineralſtoffen beſitzen. Seine Rohaſche führt 7,30% CaO, 5,20% MgO, 36,50% K_2O und 10,50% P_2O_5 und die Reinaſche 8,17% CaO, 5,81% MgO, 40,80% K_2O und 11,81% P_2O_5. Die Aſchen des Sphagnum parvifolium zeichnen ſich durch ihren Phosphorſäure- und Kalireichtum aus, während ſie verhältnismäßig arm an Kalk und Magneſia ſind.

Die chemiſche Zuſammenſetzung der unterſuchten fünf lebenden Waldmoorſphagnen-Proben ſchwankt zwiſchen 0,184—0,542% CaO, 0,094—0,235% MgO, 0,694—1,065% K_2O, 0,169—0,287% P_2O_5 und 1,177—1,831% N. Im Mittel enthalten die lebenden Waldmoorſphagnen 0,350% CaO, 0,140% MgO, 0,846% K_2O, 0,223% P_2O_5 und 1,524% N. An Mineralſtoffen führt die Rohaſche der lebenden Waldmoorſphagnen im Mittel 10,39% CaO, 4,16% MgO, 25,13% K_2O und 6,62% P_2O_5 und die Reinaſche 14,22% CaO, 5,69% MgO, 34,39% K_2O und 9,06% P_2O_5.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Auf 100 Teile Kalk treffen bei den lebenden Waldmoorsphagnen 40,0 Teile Magnesia, 241,7 Teile Kali, 63,7 Teile Phosphorsäure und 435,4 Teile Stickstoff. Bei diesen Sphagnen kommt auf dieselbe Kalkmenge annähernd die gleiche Menge Magnesia, aber etwas mehr Kali und bedeutend mehr Phosphorsäure und Stickstoff als bei den lebenden Hochmoorsphagnen.

Abgestorbene Sphagnen: Der Nährstoffgehalt des abgestorbenen Sphagnum acutifolium vom Förchenseewald beträgt 0,550 % CaO, 0,090 % MgO, 0,163 % K_2O, 0,135 % P_2O_5 und 1,198 % N. Dasselbe enthält weniger Magnesia, Kali, Phosphorsäure und Stickstoff, aber mehr Kalk als das lebende Sphagnum acutifolium desselben Standortes und das gleiche trifft für den Nährstoffgehalt ihrer Aschen zu.

Die Probe vom abgestorbenen Sphagnum cymbifolium des Förchenseewaldes zeigt nachstehende Zusammensetzung: 0,573 % CaO, 0,158 % MgO, 0,373 % K_2O, 0,106 % P_2O_5 und 0,894 % N. Sie führt demgemäß weniger Kali, Phosphorsäure und Stickstoff, aber mehr Kalk und Magnesia wie die Probe des lebenden Sphagnum cymbifolium und die gleiche Beobachtung ist im Nährstoffgehalt ihrer Aschen zu machen.

Das abgestorbene Sphagnum recurvum enthält 0,355 % CaO, 0,143 % MgO, 0,362 % K_2O, 0,150 % P_2O_5 und 1,223 % N. Seine Rohasche hat nur 32,6 % lösliche Mineralstoffe und daher kommt es, daß sowohl Roh- wie Reinasche den geringsten Prozentsatz an Nährstoffen unter den Aschen der abgestorbenen Waldsphagnen überhaupt aufweisen. Was die Zusammensetzung der Aschen des abgestorbenen Sphagnum recurvum anbelangt, sei hervorgehoben, daß deren Kalkgehalt die gleiche Höhe erreicht wie deren Kaligehalt und deren Magnesiagehalt wiederum dieselbe Höhe wie deren Phosphorsäuregehalt.

In der Trockensubstanz des abgestorbenen Sphagnum Girgensohnii des Weitmooswaldes sind enthalten 0,778 % CaO, 0,141 % MgO, 0,374 % K_2O, 0,180 % P_2O_5 und 1,279 % N. Die Rohasche desselben führt 23,12 % CaO, 4,19 % MgO, 11,10 % K_2O und 5,35 % P_2O_5 und die Reinasche 32,34 % CaO, 5,86 % MgO, 15,60 % K_2O und 7,48 % P_2O_5. An Magnesia und Phosphorsäure weisen die Aschen annähernd gleichen Prozentgehalt auf, während ihr Kaligehalt zirka die Hälfte des Kalkgehaltes beträgt.

Einen verhältnismäßig hohen Nährstoffgehalt zeigt das abgestorbene Sphagnum parvifolium mit 0,404 % CaO, 0,142 % MgO, 0,285 % K_2O, 0,170 % P_2O_5 und 0,808 % N. Da die Rohasche 73,7 % lösliche Mineralstoffe enthält, sind beide Aschen reich an assimilierbaren Mineralbestandteilen und dies gilt insbesondere für deren Phosphorsäuregehalt.

Im Mittel enthalten die wasserfreien abgestorbenen Waldmoorsphagnen 0,532 % CaO, 0,135 % MgO, 0,311 % K_2O, 0,148 % P_2O_5 und 1,080 % N. An Nährstoffen führt deren Rohasche im Mittel 12,41 % CaO, 3,15 % MgO, 7,26 % K_2O und 3,45 % P_2O_5 und die Reinasche 24,70 % CaO, 6,27 % MgO, 14,44 % K_2O und 6,87 % P_2O_5. Die abgestorbenen Waldmoorsphagnen führen weniger Kali, Phosphorsäure und Magnesia als die lebenden Waldmoorsphagnen, aber ca. 20 % mehr Kalk als die letzteren. Die Rohasche der abgestorbenen Waldsphagnen zeigt annähernd gleichen Kalk- und Magnesiagehalt wie die der

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Waldmoorsphagnen, während die Reinasche der ersteren weil weniger Kalk führt als die der letzteren.

Auf 100 Teile Kalk entfallen bei den abgestorbenen Waldmoorsphagnen 25,4 Teile MgO, 58,5 Teile K_2O, 27,8 Teile Phosphorsäure und 203,0 Teile Stickstoff. Bei ihnen trifft gegenüber den abgestorbenen Hochmoorsphagnen auf die gleiche Kalkmenge weniger Magnesia, Kali und Stickstoff, aber mehr Phosphorsäure.

Tabelle über den Nährstoffgehalt der in dieser Arbeit

Analysen-Nr. der Sphagnumprobe	Sphagnenart	Standort	In 100 Teilen wasserfreien Sphagnen sind enthalten									Verhältniszahl von Kalk = 100 zu			
			verbrennl. Stoffe inkl. CO_2	unverbrennliche Stoffe exkl. CO_2	davon in Salzsäure löslich: Reinasche	Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	in Salzsäure Unlösliches	Stickstoff	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Stickstoff
1. Lebende															
89	teres	Bärensee	96,791	3,209	2,902	0,738	0,202	0,994	0,157	0,307	1,115	27,4	134,6	21,3	151
87	contortum	Bärensee	96,520	3,480	3,170	1,066	0,260	0,859	0,176	0,310	1,300	24,4	80,6	16,5	122
81	platyphyllum	Förchensee	93,127	6,873	4,907	1,310	0,346	0,948	0,261	1,966	1,917	26,4	72,4	19,9	146
Mittelwerte für die Wiesenmoorsphagnen vom Bärensee und Förchensee			**95,479**	**4,521**	**3,660**	**1,038**	**0,269**	**0,934**	**0,198**	**0,861**	**1,444**	**26,0**	**90,0**	**19,1**	**139,1**
112	contortum	Waizern-Hopferau	88,110	11,890	6,700	2,952	1,005	0,636	0,160	5,190	1,415	34,0	21,5	5,4	48
87	contortum	Bärensee	96,520	3,480	3,170	1,066	0,260	0,859	0,176	0,310	1,300	24,4	80,6	16,5	122
Mittelwerte für Sphagnum contortum verschiedenen Standortes			**92,315**	**7,685**	**4,935**	**2,009**	**0,633**	**0,748**	**0,168**	**2,750**	**1,357**	**31,5**	**37,2**	**8,3**	**67,5**
114	platyphyllum	Waizern-Hopferau	87,190	12,810	4,760	1,295	0,532	0,634	0,183	8,050	1,290	41,1	49,0	14,1	99,6
81	platyphyllum	Förchensee	93,127	6,873	4,907	1,310	0,346	0,948	0,261	1,966	1,917	26,4	72,4	19,9	146,0
Mittelwerte für Sphagnum platyphyllum verschiedenen Standortes			**90,158**	**9,842**	**4,833**	**1,303**	**0,439**	**0,791**	**0,222**	**5,008**	**1,603**	**33,7**	**60,7**	**17,0**	**123,0**
2. Abgestorbene															
90	teres	Bärensee	95,499	4,501	3,702	1,956	0,282	0,365	0,129	0,799	0,867	14,4	18,6	6,6	44,3
88	contortum	Bärensee	94,760	5,240	4,112	2,241	0,422	0,269	0,138	1,128	1,079	18,8	12,0	6,1	48,1
82	platyphyllum	Förchensee	85,568	14,432	7,411	1,914	0,458	0,294	0,249	7,021	1,640	23,9	15,3	13,0	85,6
Mittelwerte für die Wiesenmoorsphagnen vom Bärensee und Förchensee			**91,932**	**8,068**	**5,075**	**2,037**	**0,387**	**0,309**	**0,172**	**2,993**	**1,195**	**19,0**	**15,1**	**8,4**	**58,6**
113	contortum	Waizern-Hopferau	88,630	11,370	5,920	2,743	0,716	0,270	0,130	5,450	1,054	26,1	9,8	4,8	38,4
88	contortum	Bärensee	94,760	5,240	4,112	2,241	0,422	0,269	0,138	1,128	1,079	18,8	12,0	6,1	48,1
Mittelwerte für Sphagnum contortum verschiedenen Standortes			**91,695**	**8,305**	**5,016**	**2,492**	**0,569**	**0,269**	**0,134**	**3,289**	**1,067**	**22,8**	**10,8**	**5,4**	**42,8**
115	platyphyllum	Waizern-Hopferau	81,800	18,200	5,330	1,377	0,482	0,357	0,149	12,870	1,051	35,0	25,9	10,9	76,3
82	platyphyllum	Förchensee	85,568	14,432	7,411	1,914	0,458	0,294	0,249	7,021	1,640	23,9	15,3	13,0	85,6
Mittelwerte für Sphagnum platyphyllum verschiedenen Standortes			**83,684**	**16,316**	**6,370**	**1,646**	**0,470**	**0,325**	**0,199**	**9,946**	**1,346**	**28,5**	**19,7**	**12,1**	**81,8**

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

3. Wiesenmoorsphagnen.

An Wiesenmoorsphagnen wurden analysiert Sphagnum teres, contortum und platyphyllum. Vom Sphagnum teres liegt bloß eine Probe vor, während vom Sphagnum contortum und platyphyllum je zwei Proben verschiedenen Standortes zur Untersuchung kamen. Auch bei den Wiesenmoorsphagnen sind bei der Probenahme die lebenden und abgestorbenen Sphagnenteile getrennt gesammelt worden. Dies war bei ihnen noch mehr angezeigt als bei den Hoch-

besprochenen lebenden und abgestorbenen Wiesenmoor-Sphagnen.

Die Rohasche enthält in %					Die Reinasche enthält in %				Auf 100 Aschen-, Nährstoff- und Wasserstoffteile der wasserfr. lebenden Sphagnen entfallen wieviel Aschen-, Nährstoff- und Wasserstoffteile der wasserfr. abgestorbenen Sphagnen								
Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Reinasche	Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Rohasche	Reinasche	in Salzsäure Unlösliches	Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Stickstoff	Wasserstoff
Pflanzenteile.																	
23,00	6,29	31,00	4,89	90,4	25,43	6,96	34,30	5,41									
30,63	7,47	24,70	5,06	91,1	33,62	8,20	27,10	5,55									
19,06	5,03	13,80	3,79	71,4	26,69	7,05	19,30	5,32									
22,96	**5,95**	**20,66**	**4,38**	**81,0**	**28,36**	**7,35**	**25,52**	**5,41**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
24,83	8,45	5,35	1,34	56,3	44,06	15,00	9,49	2,39									
30,63	7,47	24,70	5,06	91,1	33,62	8,20	27,10	5,55									
26,14	**8,24**	**9,73**	**2,18**	**64,2**	**40,50**	**12,82**	**15,16**	**3,42**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
10,11	4,15	4,95	1,43	37,2	27,20	11,18	13,32	3,84									
19,06	5,03	13,80	3,79	71,4	26,69	7,05	19,30	5,32									
13,24	**4,42**	**8,03**	**2,25**	**49,1**	**26,96**	**9,08**	**16,37**	**4,59**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**	**100,0**
Pflanzenteile.																	
41,67	6,27	8,11	2,86	82,2	52,83	7,61	9,86	3,48	140,2	127,5	260,2	265,0	139,6	36,5	82,1	77,2	42,9
42,76	8,05	5,13	2,63	78,7	54,49	10,26	6,54	3,35	150,6	129,7	363,9	210,2	162,3	31,3	78,4	83,0	32,5
13,26	3,17	2,04	1,72	51,4	25,82	6,18	3,96	3,36	210,0	151,0	357,1	146,1	132,4	31,0	95,4	85,5	113,5
25,25	**4,80**	**3,83**	**2,13**	**62,9**	**40,14**	**7,62**	**6,09**	**3,39**	**178,4**	**138,7**	**347,6**	**196,2**	**143,9**	**33,1**	**86,9**	**82,7**	**62,9**
24,12	6,29	2,37	1,14	52,1	46,33	12,09	4,55	2,19	95,6	88,3	105,0	92,9	71,2	42,4	81,2	74,5	116,5
42,76	8,05	5,13	2,63	78,7	54,49	10,26	6,54	3,35	150,6	129,7	363,9	210,2	162,3	31,3	78,4	83,0	32,5
30,06	**6,85**	**3,24**	**1,61**	**60,4**	**49,68**	**11,34**	**5,36**	**2,67**	**108,0**	**101,7**	**119,6**	**124,0**	**89,9**	**34,6**	**79,7**	**78,6**	**47,6**
7,53	2,65	1,96	0,82	29,3	25,85	9,04	6,69	2,79	142,0	119,0	159,9	106,3	90,6	56,3	81,4	81,5	124,6
13,26	3,17	2,04	1,72	51,4	25,82	6,18	3,96	3,36	210,0	151,0	357,1	146,1	132,4	31,0	95,4	85,5	113,5
10,09	**2,88**	**1,99**	**1,03**	**39,0**	**25,84**	**7,38**	**5,10**	**3,12**	**165,8**	**131,8**	**198,6**	**126,3**	**107,0**	**41,1**	**89,6**	**83,8**	**120,0**

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Tabelle über den Nährstoffgehalt der Bodenproben die an den Probe-

Analysen-Nr. der Bodenprobe	Analysen-Nr. der dazugehörigen Sphagnumprobe	Bezeichnung der Sphagnenart, welche sich in der Bodenprobestelle befand	Standortsbezeichnung der Bodenprobe bezw. der dazugehörigen Sphagnumprobe	In 100 Teilen			
				verbrennliche Stoffe inkl. CO_2	unverbrennliche Stoffe exkl. CO_2	davon in	
						Reinasche	Kalk
			1. Zu den Hochmoorsphagnen				
		Mittelwerte für das südliche Chiemseehochmoor		95,79	4,21	1,21	0,151
2300	108/109	fuscum	Waizern-Hopferau	96,64	3,36	1,12	0,278
2290	96/97	fuscum	Hopfensee	94,95	5,05	1,53	0,256
2287	98/99	medium	Hopfensee	96,59	3,41	1,26	0,232
2257	110/111	cuspidatum	Waizern-Hopferau	95,62	4,38	1,40	0,219
2287	100/101	cuspidatum	Hopfensee	96,59	3,41	1,26	0,232
			2. Zu den Waldmoorsphagnen				
1708	67/68	acutifolium	Förchensee-Moorwald	89,33	10,67	4,77	0,347
			3. Zu den Wiesenmoorsphagnen				
2297	112/113	contortum	Waizern-Hopferau	87,99	12,01	4,20	1,540
2298	114/115	platyphyllum	Waizern-Hopferau	71,06	28,94	6,30	0,951

moorsphagnen, weil von vornherein anzunehmen war, daß zu den abgestorbenen Sphagnen nährstoffhaltiges Grundwasser dringt, weshalb diese an einzelnen Mineralstoffen mehr aufnehmen können als die lebenden Sphagnen, zu denen kein Grundwasser oder nur nährstoffärmeres hinkommt.

Lebende Sphagnen: Vom Moor am Bärensee bei Aschau stammen Sphagnum teres und contortum. Dieses Moor steht z. B. in dem Umwandlungsstadium zum Hochmoor. Es wird von einem Hügelkranz umschlossen, von welchem dem Moor des öfteren nährstoffhaltiges Wasser zugeleitet wird. Bei ergiebigen Regenfällen staut sich das zufließende Wasser mitunter bis zur Mooroberfläche an und so kommt es, daß die vorhandenen Sphagnen zeitweise in eine mehr oder weniger stark konzentrierte Nährlösung eintauchen. An den Probeentnahmestellen wachsen Sphagnum teres, contortum, subsecundum, dann Hypnum vernicosum, stramineum, intermedium und scorpioides, ferner Aspidium thelypteris und Carexarten. Das Sphagnum teres enthält in der Trockensubstanz 0,738 % CaO, 0,202 % MgO, 0,994 % K_2O, 0,157 % P_2O_5 und 1,115 % N, und das Sphagnum contortum 1,066 % CaO, 0,260 % MgO, 0,859 % K_2O, 0,176 % P_2O_5 und 1,300 % N, beide Torfmoose haben also eine einander nahekommende Zusammensetzung. Der Kaligehalt derselben entspricht annähernd dem mittleren Kaligehalt der lebenden Waldmoorsphagnen, an Phosphorsäure und Stickstoff enthalten sie weniger und an Magnesia etwas mehr als diese und ihr Kalkgehalt übersteigt den der letzteren um das $2^1/_2$ fache.

Die Rohasche des Sphagnum teres setzt sich zusammen aus 23,00 % CaO, 6,29 % MgO, 31,00 % K_2O, 4,89 % P_2O_5 und die Reinasche aus 25,43 %

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

stellen der in dieser Arbeit besprochenen Sphagnen entnommen sind.

wasserfr. Boden sind enthalten					In 1 cbm Boden sind enthalten in kg: wasserfr. Bod.	Nährstoffgehalt pro ha auf 20 cm Tiefe in kg				
Salzsäure löslich			in Salzsäure Unlösliches	Stickstoff		Kalk	Magnesia	Kali	Phosphorsäure	Stickstoff
Magnesia	Kali	Phosphorsäure								
gehörige Bodenproben.										
—	0,0360	0,151	3,00	2,080	145	438	—	104	438	6032
0,117	0,0752	0,105	2,24	0,899	71	395	182	107	149	1276
0,111	0,0943	0,232	3,52	1,620	124	635	275	234	575	4017
0,089	0,0507	0,120	2,15	1,690	86	399	153	87	206	2907
0,076	0,0563	0,149	2,98	1,840	130	569	198	146	387	4784
0,089	0,0507	0,120	2,15	1,690	86	399	153	87	206	2907
gehörige Bodenproben.										
—	0,0460	0,260	5,90	2,680	175	1214	—	161	910	9380
gehörige Bodenproben.										
0,286	0,1114	0,156	7,81	2,050	153	4712	875	340	477	6273
0,343	0,2730	0,243	22,64	1,590	97	1845	665	529	471	3085

CaO, 6,96% MgO, 34,30% K_2O und 5,41% P_2O_5. Eine ähnliche Zusammensetzung zeigen die Aschen vom Sphagnum contortum. Bei den lebenden Hochmoor- und Waldmoorsphagnen ist der mittlere Kaligehalt der Aschen weit größer als der mittlere Kalkgehalt, hingegen übertrifft der Kalkgehalt der Aschen der beiden Wiesenmoorsphagnen den Kaligehalt. Auch sind die Aschen der Wiesenmoorsphagnen ärmer an Phosphorsäure als die der Waldmoorsphagnen. Die Rohasche beider Wiesenmoorsphagnen führt über 90% lösliche Mineralbestandteile. Dieser außerordentlich hohe Gehalt der Roh- an Reinasche kommt nicht allen Sphagnen des Wiesenmoores zu, vielmehr ist in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle der lösliche Anteil ihrer Rohasche ein weit geringerer. Der große Prozentsatz der Rohasche der beiden Wiesenmoorsphagnen an löslichen Mineralstoffen rührt wahrscheinlich daher, daß wenige Tage vor der Probenahme heftige Regengüsse niedergingen. Dem Moor flossen infolgedessen von dem angrenzenden fruchtbaren Hügelgelände so ergiebige nährstoffreiche Wassermengen zu, daß dasselbe völlig von diesen überdeckt war, und die Sphagnen vermochten nun — zufolge ihres später zu besprechenden Absorptionsvermögens für Nährstoffe — die im Wasser gelösten Mineralstoffe auf ihrer Oberfläche zu verdichten.

Dem Moor am Förchensee bei Bernau entstammt eine Sphagnum platyphyllum-Probe. Dieses Torfmoos fand sich in Wassertümpeln, die mit Sphagnum platyphyllum, Hypnen und Carexpoltern bewachsen waren und die von sauren Wiesenflächen umschlossen sind. Das Moor am Förchensee trägt ausgesprochenen Wiesenmoorcharakter und geht nach Osten in das Waldmoor über, das wir anläßlich der Besprechung des Nährstoffgehaltes der Waldmoorsphagnen kennen gelernt haben. Die chemische Zusammensetzung des lebenden

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Sphagnum platyphyllum ist folgende: 1,310 % CaO, 0,346 % MgO, 0,948 % K_2O, 0,261 % P_2O_5 und 1,966 % N. Dasselbe enthält den gleichen Prozentsatz Kali wie die Sphagnen vom Moor am Bärensee, führt aber an allen andern Mineralstoffen mehr als diese. Besonders hoch erscheinen dessen Phosphorsäure- und Stickstoffgehalte und an diesen Stoffen ist es sogar reicher als im Mittel die lebenden Waldmoorsphagnen. Dies läßt vermuten, daß das Moor am Förchensee besonders phosphorsäure- und stickstoffreich ist und daß dieses Moor erst seit kurzer Zeit Neigung hat in Hochmoor überzugehen.

Die Aschen des Sphagnum platyphyllum weisen durchweg einen kleineren Gehalt an den einzelnen Mineralbestandteilen auf als die der Sphagnen vom Moor am Bärensee und dies hat den Grund in seinem verhältnismäßig hohen Gehalt an unverbrennlichen Stoffen.

Was das Verhältnis von Kalk zu den andern Nährstoffen anbelangt, sei hervorgehoben, daß es bei diesem Sphagnum, wie bei den Wiesenmoorsphagnen überhaupt, ein engeres wird, d. h. auf die gleiche Kalkmenge entfallen bei den Wiesenmoorsphagnen weniger Teile der andern Nährstoffe als bei den übrigen Sphagnenarten.

Von dem Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau wurden Sphagnum contortum und Sphagnum platyphyllum analysiert. Das Sphagnum contortum fand sich in einem Ausstich am Hochmoorrande. Durch die Abtorfung sind Wiesenmoorschichten angeschnitten worden und hat sich in den Ausstichen folgende Vegetation angesiedelt: Sphagnum contortum, Carex rostrata, stellulata, flava, Arundo, Potentilla silvestris, Lythrum, Viola palustris, Juncus effusus, Galium uliginosum, Ulmaria, Myosotis palustris, Eriophorum latifolium, Hypnum giganteum, fluitans.

Die Trockensubstanz des Sphagnum contortum enthält 2,952 % CaO, 1,005 % MgO, 0,636 % Kali, 0,160 % P_2O_5 und 1,415 % N. Dasselbe zeigt den höchsten Kalk- und Magnesiagehalt unter allen Sphagnen. Dies fällt umsomehr auf, als die dazugehörige Bodenprobe relativ arm an diesen Stoffen ist und daher muß dem Moorausstich von den angrenzenden Hügeln zeitweise recht kalk- und magnesiahaltiges Wasser zuströmen. Das Wasser, das dem Moorausstich zufließt, muß reichlich unlösliche Stoffe suspendiert halten, die sich allmählich auf die Moorvegetation niederschlagen und den hohen Prozentsatz des Torfmooses an Rohasche bedingen. Die Rohasche des Sphagnum contortum enthält auch nur 56,3 % in Salzsäure lösliche Mineralbestandteile und sie weist einen verhältnismäßig niedrigen Gehalt an denselben auf, wiewohl das Torfmoos prozentisch reich daran ist.

Das Sphagnum platyphyllum des Moores am Bahnhof Waizern-Hopferau wuchs in nassen Flachmoorschlenken, die folgende Vegetation trugen: Sphagnum platyphyllum, contortum, Carex stricta, Equisetum palustre, Potentilla silvestris, Eriophorum angustifolium, alpinum, Sanguisorba, Ranunculus flammula, Viola palustris.

In der Trockensubstanz des Sphagnum platyphyllum finden sich 1,295 % CaO, 0,532 % MgO, 0,634 % K_2O, 0,183 % P_2O_5 und 1,290 % N. Es enthält fast die gleichen Mengen Kali, Phosphorsäure und Stickstoff, aber bloß

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

zirka die Hälfte Kalk und Magnesia wie das Sphagnum contortum desselben Moores. Wir sehen, daß der prozentische Gehalt beider Sphagnen an unverbrennlichen Stoffen derselbe ist und daß trotzdem ihr Gehalt an Nährstoffen große Schwankungen aufweist. Dies wird dadurch verursacht, daß bei deren Rohasche ganz beträchtliche Unterschiede im Gehalt an löslichen Mineralbestandteilen zu Tage treten. Der prozentische Anteil der Rohasche des Sphagnum contortum an löslichen Stoffen stellt sich auf 56,3 %, während der der Rohasche vom Sphagnum platyphyllum nur 37,2 % ausmacht. Die mit Sphagnum platyphyllum bestandenen Moorschlenken werden des öfteren von dem Wasser eines in der Nähe vorbeiziehenden Baches, der bei heftigen Regenfällen über die Ufer tritt, überflutet. Aus diesem Grunde zeigt auch dieses Torfmoos einen hohen Gehalt an den einzelnen Mineralbestandteilen. Das Überschwemmungswasser muß aber an Kalk und Magnesia weniger und an suspendierten unlöslichen Stoffen mehr enthalten als das Wasser, das dem andern Sphagnum dieses Moores von dem anstoßenden Hügelland zuströmt, oder es müssen seine Nährstoffe teilweise zum Ausfallen oder zur Adsorption kommen, bevor dasselbe die mit Sphagnum platyphyllum bewachsenen Moorpartien erreicht.

Abgestorbene Sphagnen: Das wasserfreie abgestorbene Sphagnum teres vom Moor am Bärensee enthält 1,956 % CaO, 0,282 % MgO, 0,365 % K_2O, 0,129 % P_2O_5 und 0,867 % N. An Kali, Phosphorsäure und Stickstoff führt das abgestorbene Sphagnum teres weniger, an Magnesia und Kalk mehr als die lebenden Sphagnenteile. Der Gehalt seiner Rohasche stellt sich auf 41,67 % CaO, 6,27 % MgO, 8,11 % K_2O und 2,86 % P_2O_5 und der seiner Reinasche auf 52,83 % CaO, 7,61 % MgO, 9,86 % K_2O und 3,48 % P_2O_5. Mehr als die Hälfte der Reinasche besteht sonach aus Kalk. Der prozentische Anteil der Rohasche an löslichen Mineralbestandteilen beträgt 82,2 % und ist als ein hoher zu bezeichnen.

Die Trockensubstanz des abgestorbenen Sphagnum contortum vom Moor am Bärensee zeigt folgenden Nährstoffgehalt: 2,241 % CaO, 0,422 % MgO, 0,269 % K_2O, 0,138 % P_2O_5 und 1,079 % N. Die abgestorbenen Teile dieses Torfmooses sind gleichfalls ärmer an Kali, Phosphorsäure und Stickstoff, aber reicher an Magnesia und Kalk als die lebenden Sphagnenteile. Der Gehalt der Aschen an Nährstoffen erreicht annähernd dieselben Werte wie beim vorangehend besprochenen Sphagnum und auch die Verhältniszahl von Kalk zu den übrigen Nährstoffen ist bei beiden Sphagnen nahezu die gleiche.

Die chemische Zusammensetzung des abgestorbenen Sphagnum platyphyllum vom Moor am Förchensee ist nachstehende: 1,914 % CaO, 0,458 % MgO, 0,294 % K_2O, 0,249 % P_2O_5 und 1,640 % N. Auch bei diesem Sphagnum begegnen wir in den abgestorbenen Pflanzenteilen einem beträchtlich höheren Magnesia- und Kalkgehalt als in den lebenden Pflanzenteilen und soll gleich erwähnt werden, daß diese Beobachtung in der Regel bei sämtlichen untersuchten Wiesenmoorsphagnen gemacht wird. Wie die lebenden, so enthalten auch die abgestorbenen Teile dieses Torfmooses relativ viel Phosphorsäure und Stickstoff; dies ist um so bemerkenswerter, weil die abgestorbenen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Sphagnenteile die doppelte Menge an unverbrennlichen Stoffen führen wie die lebenden Sphagnenteile, wodurch dieſe Nährſtoffgehalte erniedrigt werden.

Die Rohaſche des abgeſtorbenen Sphagnum platyphyllum weiſt erheblich weniger lösliche Mineralbeſtandteile auf als die der abgeſtorbenen Sphagnen vom Moor am Bärenſee und das gleiche hat auch auf den Nährſtoffgehalt der Aſchen Bezug.

Das abgeſtorbene Sphagnum contortum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau führt in der Trockenſubſtanz 2,743 % CaO, 0,716 % MgO, 0,270 % K_2O, 0,130 % P_2O_5 und 1,054 % N, weicht ſonach — was die Zuſammenſetzung der lebenden und abgeſtorbenen Torfmooſe betrifft — von den bisher beſprochenen Wieſenmoorſphagnen ab. Der Magneſia- und Kalkgehalt der abgeſtorbenen Teile dieſes Torfmooſes ſtellt ſich nämlich nicht höher, ſondern niedriger als in den lebenden Teilen. Dieſe Tatſache mag darin ihre Urſache haben, daß dem Waſſer, welches von den angrenzenden Hügeln den Sphagnen zufließt, der größte Teil ſeines Nährſtoffgehaltes ſchon von den lebenden (oberen) Sphagnenſchichten entzogen wird und daher die abgeſtorbenen (unteren) Torfmoosſchichten dem nachdringenden, nährſtoffärmeren Waſſer nicht mehr ſo viel Mineralbeſtandteile entziehen können wie die lebenden Sphagnenteile. Auf dieſe Verhältniſſe werden wir übrigens in einem andern Kapitel zurückkommen. Der Nährſtoffgehalt der Aſchen der abgeſtorbenen Sphagnenteile weicht nur unerheblich von dem der lebenden Teile ab, weshalb auf die dort angeführten Zahlen verwieſen wird.

Der Prozentgehalt des abgeſtorbenen Sphagnum platyphyllum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau an Nährſtoffen iſt folgender: 1,377 % CaO, 0,482 % MgO, 0,357 % K_2O, 0,149 % P_2O_5 und 1,051 % N. Obwohl die abgeſtorbenen Teile dieſes Torfmooſes ca. 50 % mehr unverbrennliche Stoffe führen als die lebenden Torfmooosteile, ſo enthalten erſtere doch weniger Phosphorſäure und Kali als letztere und deren Magneſia- und Kalkgehalte ſind nahezu die gleichen. Der lösliche Anteil der Rohaſche iſt beim abgeſtorbenen Sphagnum platyphyllum ein geringerer als beim lebenden Sphagnum platyphyllum und daher weiſt die Rohaſche des erſteren prozentiſch weniger Nährſtoffe auf als die letztere.

Bei dem abgeſtorbenen Sphagnum platyphyllum treffen auf 100 Teile Kalk, 35,0 Teile Magneſia, 25,9 Teile Kali, 10,9 Teile Phosphorſäure und 76,3 Teile Stickſtoff; es kommen ſonach bei den abgeſtorbenen Teilen des Torfmooſes auf die gleichen Teile Kalk erheblich weniger Teile der andern Nährſtoffe wie bei den lebenden Teilen des Torfmooſes, wie überhaupt die Verhältniszahl von Kalk zu den übrigen Nährſtoffen bei den abgeſtorbenen Wieſenmoorſphagnen eine engere iſt als bei den abgeſtorbenen Waldmoor- oder Hochmoorſphagnen.

II. Die Unterſchiede in der mittleren Zuſammenſetzung der drei Sphagnengruppen, die Nährſtoffdifferenzen derſelben Sphagnen verſchiedenen Standortes, ſowie diejenigen der lebenden und abgeſtorbenen Sphagnenteile und die Bedeutung der einzelnen Nährſtoffe bei der Bildung von Hochmoor.

Die Verſchiedenheiten im Vorkommen der einzelnen Sphagnenarten waren ſchon lange bekannt, aber dieſer Erſcheinung wurde erſt in jüngſter Zeit mehr

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Interesse entgegengebracht und Bedeutung beigelegt. Jede größere Ansammlung der Sphagnen bezeichnete man bisher als Hochmoor und zwar unbekümmert darum, welche Arten an der Torfbildung beteiligt waren. In der schon zitierten Abhandlung „Die Kalkfeindlichkeit der Sphagna und ihre Ursache" 2c. zeigt nun Dr. H. Paul, daß die Ernährungsverhältnisse der Sphagnen je nach dem Standort wechseln und unterscheidet deswegen Hochmoor-, Waldmoor- und Flachmoorsphagnen. Die Erwägung, daß auch der Nährstoffgehalt der Sphagnen ein voneinander abweichender sein muß, wenn die Ernährungsverhältnisse von dem Standorte beeinflußt werden, brachte mich zum Entschlusse, Sphagnen verschiedenen Standortes zu analysieren. Die Probenahme der Sphagnen erfolgte gemeinschaftlich mit Herrn Dr. Paul, der die einzelnen Sphagnenarten bestimmte und für deren sorgfältige Auseinanderhaltung sorgte. Herrn Assessor Dr. Paul spreche ich für seine Unterstützung, die er mir bereitwilligst zuteil werden ließ, meinen verbindlichsten Dank aus.

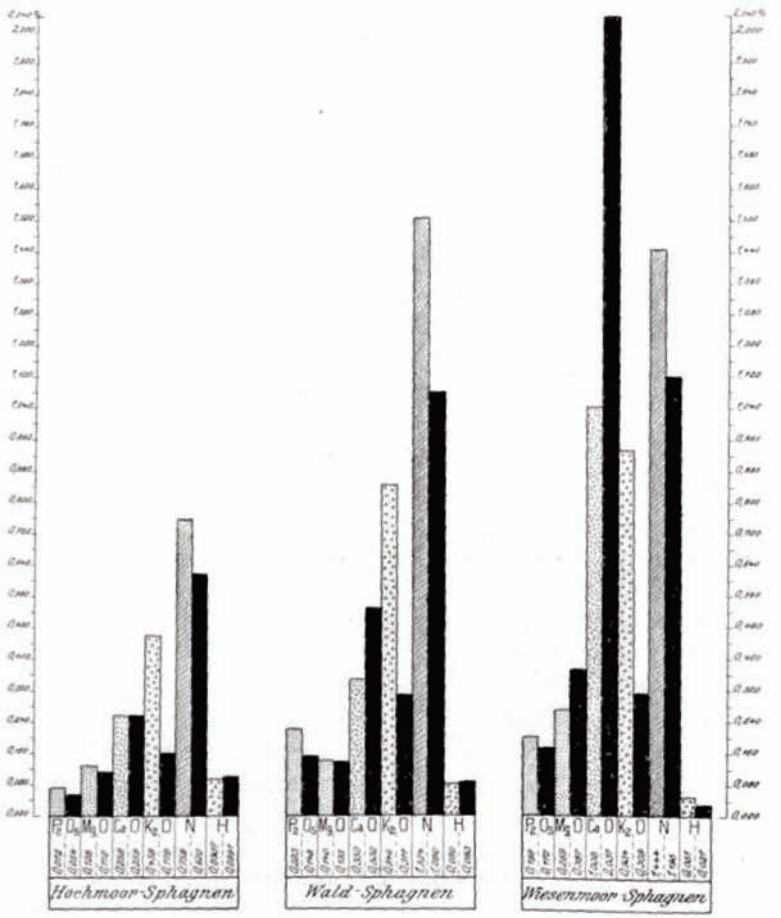
Es würde viel zu weit geführt haben in den voranstehenden Erörterungen jedes Sphagnum der drei Gruppen einzeln zu besprechen oder deren Nährstoffgehalte anzuführen. In der Regel sind daselbst die Grenz- und Mittelwerte angeführt worden und nur wo besondere Verschiedenheiten in der Zusammensetzung derselben Sphagnenart hervortraten, kamen die Analysenresultate teilweise ganz zur Aufführung, um schon in der allgemeinen Übersicht die lokalen Einflüsse oder die des Standortes hervortreten zu lassen. Wo dies nicht geschah, wird auf die Tabellen über den Nährstoffgehalt der Sphagnen verwiesen, aus welchen die chemische Zusammensetzung der einzelnen Proben zu ersehen ist. In diesen Tabellen haben ferner auch die Mittelwerte der drei Hauptgruppen, gesondert nach lebenden und abgestorbenen Pflanzenteilen, Aufnahme gefunden, dann die Mittelwerte von mehreren Mooren entnommenen gleichen Sphagnenarten sowie die verschiedenen Sphagnen desselben Moores, und der Gesamtmittelwert der verschiedenen Moorgebieten entstammenden Hochmoorsphagnen.

Wie schon erwähnt, weicht die Zusammensetzung der den verschiedenen Mooren entnommenen Hochmoorsphagnen in ihrem Gesamtmittel nur wenig von der mittleren Zusammensetzung der sieben Hochmoorsphagnen vom südlichen Chiemseemoor ab. Dies trifft nun für die Wiesenmoorsphagnen der verschiedenen Moore nicht zu und deshalb wurde von der Berechnung des Gesamtmittelwertes dieser Sphagnengruppe Abstand genommen. Dies ist umsomehr berechtigt, als auch die Waldmoorsphagnen vom südlichen Chiemseemoor herrühren und es vorteilhafter erscheint, der mittleren Zusammensetzung dieser einem Moorgebiete entstammenden Hochmoor- und Waldmoorsphagnen diejenige der Wiesenmoorsphagnen gegenüberzustellen, welche Mooren entnommen sind, die unter gleichen klimatischen Verhältnissen wuchsen. Dies ist der Fall bei dem westlich an das südliche Chiemseemoor anstoßenden Moor am Förchensee, dem die eine Sphagnum platyphyllum-Probe entstammt und bei dem ca. $^3/_4$ Stunden von Bernau gegen Aschau zu gelegenen Moor am Bärensee, dem Sphagnum teres und Sphagnum contortum entnommen sind. Von den soeben angeführten Mooren wurden alle Sphagnenproben Ende Juni oder Anfang Juli 1907 gesammelt, während die Proben der anderen Moore erst im darauffolgenden

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Mittlerer Nährstoffgehalt u. mittl. Basenabsorptionsgröße der lebenden und abgestorbenen wasserfreien Pflanzenteile der bei Bernau gesammelten Torfmoose der drei Sphagnengruppen.

(mit Signaturen ausgefüllte Rubriken = lebende Pflanzenteile)
schwarz " " = abgestorbene "



Jahre genommen werden konnten, so daß auch dieser Umstand für die Vergleichung der mittleren Nährstoffgehalte der Torfmoose dieser Moore spricht. Auch bleibt es für unseren Zweck gleichgültig, ob durch Hinzurechnung weiterer Sphagnenproben die mittlere Zusammensetzung der einzelnen Torfmoosgruppen nach unten oder nach oben eine Verschiebung erleidet, wird doch hierdurch an dem Endergebnis, daß die Hochmoor-, Waldmoor- und Wiesenmoorsphagnen große Differenzen in ihrem Nährstoffgehalt zeigen, nichts geändert. Anschließend an die Erörterungen über die Unterschiede im mittleren Nährstoffgehalt der drei Sphagnengruppen werden die Differenzen in der chemischen Zusammensetzung besprochen, die unter

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

denselben Torfmoosen bei verschiedenem Standorte auftreten und alsdann wird auf die Besprechung der Unterschiede eingegangen, die bezüglich des Nährstoffgehaltes der lebenden und abgestorbenen Sphagnenteile bestehen.

1. Die Unterschiede im mittleren Nährstoffgehalt der Hochmoor-, Waldmoor- und Wiesenmoorsphagnen.

Lebende Sphagnen: Die sieben Hochmoorsphagnenproben vom südlichen Chiemseemoor enthalten im Mittel in der Trockensubstanz 1,916 % in Salzsäure lösliche Mineralbestandteile (Reinasche), 0,258 % CaO, 1,280 % MgO, 0,458 % K_2O, 0,072 % P_2O_5, 0,514 % in Salzsäure unlösliche Bestandteile und 0,759 % N. Die fünf Waldmoorsphagnen der Waldvegetation tragenden Moorpartien desselben Moores weisen im Mittel in der wasserfreien Substanz 2,460 % Reinasche, 0,350 % CaO, 0,140 % MgO, 0,846 % K_2O, 0,223 % P_2O_5, 0,906 % in Salzsäure Unlösliches und 1,524 % N auf, und die mittlere Zusammensetzung der drei Wiesenmoorsphagnen von den Mooren am Bärensee und am Förchensee berechnet sich auf 3,660 % Reinasche, 1,038 % CaO, 0,269 % MgO, 0,934 % K_2O, 0,198 % P_2O_5, 0,861 % in Salzsäure Unlösliches und 1,444 % N. Die Waldmoorsphagnen führen demnach im Mittel 0,544 % Reinasche, 0,092 % CaO, 0,012 % MgO, 0,388 % K_2O, 0,151 % P_2O_5, 0,392 % in Salzsäure Unlösliches und 0,765 % N, und die Wiesenmoorsphagnen im Mittel 1,744 % Reinasche, 0,780 % CaO, 0,141 % MgO, 0,476 % K_2O, 0,126 % P_2O_5, 0,347 % in Salzsäure Unlösliches und 0,685 % N mehr als die Hochmoorsphagnen. Letztere enthalten im Mittel um 28,4 % Reinasche, 35,6 % CaO, 9,4 % MgO, 84,7 % K_2O, 209,7 % P_2O_5, 100,7 % N weniger als die Waldmoorsphagnen und um 91,0 % Reinasche, 302,3 % CaO, 110,1 % MgO, 103,9 % K_2O, 175,0 % P_2O_5 und 90,1 % N weniger wie die Wiesenmoorsphagnen. Sonach sind die lebenden Waldmoor- und Wiesenmoorsphagnen beträchtlich nährstoffreicher als die lebenden Hochmoorsphagnen, wir sehen aber, daß deren Mehrgehalt für die einzelnen Nährstoffe ein recht verschiedener ist. Gegenüber den lebenden Hochmoorsphagnen sind die lebenden Waldmoorsphagnen relativ weniger reich an Magnesia und Kalk als an Kali, Stickstoff und Phosphorsäure und die lebenden Wiesenmoorsphagnen relativ weniger reich an Stickstoff und Kali als an Magnesia, Phosphorsäure und Kalk. Für die lebenden Waldmoorsphagnen ist eigentümlich der hohe Gehalt an Kali und besonders an Stickstoff und Phosphorsäure und für die lebenden Wiesenmoorsphagnen ein solcher an Kali und insbesondere an Magnesia und Kalk. Es bestehen sonach in dem Nährstoffgehalt der lebenden Hochmoor-, Waldmoor- und Wiesenmoorsphagnen ganz charakteristische Unterschiede, auf die im Voranstehenden hingewiesen wurde und nachfolgend wird dargetan, ob deren Aschen eine abweichende chemische Zusammensetzung besitzen oder ob in der Verhältniszahl von Kalk zu den übrigen Nährstoffen der drei Sphagnengruppen besondere Verschiebungen zu konstatieren sind.

Die Rohasche der Hochmoorsphagnen enthält im Mittel 10,61 % CaO, 5,26 % MgO, 18,8 % K_2O, 2,96 % P_2O_5, die der Waldmoorsphagnen 10,39 %

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

CaO, 4,16% MgO, 25,13% K_2O, 6,62% P_2O_5 und die der Wiesenmoorsphagnen 22.96% CaO, 5,95 MgO, 20,66% K_2O und 4,38% P_2O_5.

Die Reinasche der Hochmoorsphagnen führt im Mittel 13,46% CaO, 6,68% MgO, 23,90% K_2O, 3,76% P_2O_5, die der Waldmoorsphagnen 14,22% CaO, 5,69% MgO, 34,39% K_2O, 9,06% P_2O_5 und die der Wiesenmoorsphagnen 28,36% CaO, 7,35% MgO, 25,52% K_2O und 5,41% P_2O_5.

Der Gehalt an Kalk und Magnesia stellt sich bei den Aschen der beiden ersten Sphagnengruppen ungefähr gleich, hingegen führen die Aschen der zweiten Sphagnengruppe bedeutend mehr Kali und Phosphorsäure als die der ersteren. Ein abweichendes Verhalten hiervon zeigen die Aschen der Wiesenmoorsphagnen. Diese weisen annähernd denselben Magnesia- und Kaligehalt auf wie die Aschen der Hochmoorsphagnen, sie enthalten aber mehr Phosphorsäure und insbesondere beträchtlich mehr Kalk als die der letzteren.

Bei den Hochmoorsphagnen treffen im Mittel auf 100 Teile Kalk, 49,6 Teile Magnesia, 177,5 Teile Kali, 27,9 Teile P_2O_5 und 294,2 Teile Stickstoff, bei den Waldmoorsphagnen kommen auf 100 Teile Kalk, 40,0 Teile Magnesia, 241,7 Teile Kali, 63,7 Teile Phosphorsäure und 435,4 Teile Stickstoff, und bei den Wiesenmoorsphagnen entfallen auf 100 Teile Kalk, 26,0 Teile Magnesia, 90,0 Teile Kali, 19,1 Teile Phosphorsäure und 139,1 Teile Stickstoff. Auf dieselbe Kalkmenge berechnet, treffen bei den Hochmoorsphagnen 20 Proz. mehr Magnesia, aber ca. 36% Kali, 128% Phosphorsäure und 48% Stickstoff weniger wie bei den Waldmoorsphagnen und um 48% Magnesia, 50% Kali, 32% Phosphorsäure und 53% Stickstoff mehr als bei den Wiesenmoorsphagnen.

Abgestorbene Sphagnen: Die abgestorbenen Hochmoorsphagnen des südlichen Chiemseemoores weisen in der Trockensubstanz 1,50 Proz. Reinasche, 0,259% CaO, 0,112% MgO, 0,179% K_2O, 0,054% P_2O_5, 0,755% in Salzsäure Unlösliches und 0,620% N auf. Die abgestorbenen Waldmoorsphagnen des gleichen Moores führen in der Trockensubstanz 2,154% Reinasche, 0,532% CaO, 0,135% MgO, 0,311% K_2O, 0,148% P_2O_5, 2,132% in Salzsäure Unlösliches und 1,080% N, während die abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen der Moore am Bärensee und am Förchensee wasserfrei 5,075% Reinasche, 2,037% CaO, 0,387% MgO, 0,309% K_2O, 0,172% P_2O_5, 2,993% in Salzsäure Unlösliches und 1,195% N enthalten. In der Trockensubstanz der Waldmoorsphagnen finden sich gegenüber der der Hochmoorsphagnen um 0,649% Reinasche, 0,273% CaO, 0,023% MgO, 0,132% K_2O, 0,094% P_2O_5, 1,377% in Salzsäure Unlösliches und 0,460% N mehr als in der der Hochmoorsphagnen, und die wasserfreien Wiesenmoorsphagnen enthalten um 3,570% Reinasche, 1,778% CaO, 0,275% MgO, 0,130% K_2O, 0,118% P_2O_5, 2,238% in Salzsäure Unlösliches und 0,575% N mehr als die Trockensubstanz der Hochmoorsphagnen. Die abgestorbenen Waldmoorsphagnen führen sonach im Mittel um 41,3% Reinasche, 105,4% CaO, 20,5% MgO, 73,7% K_2O, 174,1% P_2O_5, 182,4% in Salzsäure Unlös-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

liches und 74,2% N, und die abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen um 237,2% Reinasche, 686,5% CaO, 245,5% MgO, 72,6% K_2O, 218,5% P_2O_5, 296,4% in Salzsäure Unlösliches und um 92,4% N mehr wie die abgestorbenen Hochmoorsphagnen. Demnach sind auch die abgestorbenen Waldmoor- und Wiesenmoorsphagnen weit nährstoffreicher als die abgestorbenen Hochmoorsphagnen und auch bei ihnen ist kein gleichmäßiges Anwachsen im Mehrgehalt der einzelnen Nährstoffe zu konstatieren.

Im Mittel enthält die Rohasche der abgestorbenen Hochmoorsphagnen 11,46% CaO, 4,95% MgO, 7,92% K_2O und 2,39% P_2O_5, die der abgestorbenen Waldmoorsphagnen 12,41% CaO, 3,15% MgO, 7,26% K_2O, 3,45% P_2O_5 und die der abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen 25,25% CaO, 4,80% MgO, 3,83% K_2O und 2,13% P_2O_5. Der mittlere Gehalt der Reinasche an den einzelnen Mineralstoffen stellt sich bei den Hochmoorsphagnen auf 17,21% CaO, 7,44% MgO, 11,89% K_2O und 3,59% P_2O_5, bei den Waldmoorsphagnen auf 24,70% CaO, 6,27% MgO, 14,44% K_2O und 6,87% P_2O_5 und bei den Wiesenmoorsphagnen auf 40,14% CaO, 7,62% MgO, 6,09% K_2O und 3,39% P_2O_5. Die Aschen der abgestorbenen Waldmoorsphagnen führen ungefähr gleichen Magnesia- und Kaligehalt wie die abgestorbenen Hochmoorsphagnen, der Phosphorsäure- und Kalkgehalt der ersteren ist aber bedeutend höher als der der letzteren. Die Aschen der abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen enthalten zirka die Hälfte des Kaligehaltes von dem der Aschen der abgestorbenen Hochmoorsphagnen, der Gehalt an Phosphorsäure und Magnesia stellt sich in den Aschen der beiden Sphagnengruppen annähernd gleich, hingegen beträgt der Kalkgehalt der Wiesenmoorsphagnenaschen über das Doppelte des Kalkgehaltes der Hochmoorsphagnenaschen.

Bei den abgestorbenen Hochmoorsphagnen kommen im Mittel auf 100 Teile CaO, 43,2 Teile MgO, 69,1 Teile K_2O, 20,8 Teile P_2O_5 und 239,3 Teile N, bei den abgestorbenen Waldmoorsphagnen entfallen auf 100 Teile CaO, 25,4 Teile MgO, 58,5 Teile K_2O, 27,8 Teile P_2O_5 und 203,0 Teile N und bei den abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen treffen auf 100 Teile CaO, 19,0 Teile MgO, 15,1 Teile K_2O, 8,4 Teile P_2O_5 und 58,6 Teile N. Bei den Hochmoorsphagnen kommen auf die gleichen Teile Kalk bezogen um 15% N, 16% K_2O und 41% MgO mehr, aber um 33% P_2O_5 weniger wie bei den Waldmoorsphagnen und um 56% MgO, 61% P_2O_5, 76% N und 78% K_2O mehr als bei den Wiesenmoorsphagnen. Es bestehen demnach in der Verhältniszahl von Kalk zu den übrigen Nährstoffen charakteristische Unterschiede insofern, als die Verhältniszahl von den Hochmoor- zu den Wiesenmoorsphagnen (mit Ausnahme der P_2O_5-Zahl bei den Waldmoorsphagnen) eine engere wird, d. h. es treffen auf die gleiche Zahl Kalkteile bezogen bei den Hochmoorsphagnen viel mehr Teile der übrigen Mineralstoffe als bei den Waldmoor- oder Wiesenmoorsphagnen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

2. Die Unterschiede in der Zusammensetzung derselben Sphagnenarten verschiedenen Standortes.

Aus voranstehenden Erörterungen lernten wir die Unterschiede in dem mittleren Nährstoffgehalte der drei Sphagnengruppen kennen und nachfolgend wird gezeigt, ob die chemische Zusammensetzung ein und derselben Sphagnenart je nach dem Vorkommen bezw. dem Standort Veränderungen erleidet. Diesbezügliche Beobachtungen liegen vor für die Sphagnen fuscum, medium, cuspidatum, acutifolium, contortum und platyphyllum.

Lebende Sphagnen: Vom Sphagnum fuscum wurden drei Proben analysiert, welche dem südlichen Chiemseemoor, dem Moor südlich vom Hopfensee unweit Füssen und dem Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau entstammen.

Das Sphagnum fuscum vom südlichen Chiemseemoor enthält in der Trockensubstanz 0,291 % CaO, 0,129 % MgO, 0,282 % K_2O, 0,046 % P_2O_5 und 0,541 % N, das vom Moor südlich vom Hopfensee 0,366 % CaO, 0,178 % MgO, 0,461 % K_2O, 0,070 % P_2O_5 und 0,684 % N und das vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau 0,365 % CaO, 0,206 % MgO, 0,490 % K_2O, 0,085 % P_2O_5 und 0,753 % N. Der mittlere Nährstoffgehalt des auf drei verschiedenen Mooren gewachsenen Sphagnum fuscum berechnet sich zu 0,341 % CaO, 0,171 % MgO, 0,411 % K_2O, 0,067 % P_2O_5 und 0,659 % N. Das Sphagnum fuscum vom südlichen Chiemseemoor weist einen etwas niedrigeren Gehalt an sämtlichen Mineralstoffen und an Stickstoff auf als das Sphagnum fuscum der beiden andern Moore, die diesbezüglichen Unterschiede sind zwar keine beträchtlichen, doch deuten diese darauf hin, daß die Moore am Hopfensee und am Bahnhof Waizern-Hopferau etwas nährstoffreicher sind als das südliche Chiemseemoor. Aus der Tabelle über den Nährstoffgehalt der zu den Pflanzenanalysen gehörigen Bodenproben ist zu ersehen, daß das südliche Chiemseemoor im Mittel weniger Kali und Kalk, aber mehr Stickstoff führt wie die beiden anderen Moore und wäre hiermit auch der niedrigere Kali- und Kalkgehalt des Sphagnum fuscum vom südlichen Chiemseemoor in Einklang zu bringen, nicht aber dessen kleinerer Stickstoffgehalt.

Vom Sphagnum medium kamen zwei Proben zur Untersuchung und wurde die eine Probe dem südlichen Chiemseemoor und die andere dem Moor südlich vom Hopfensee entnommen. Das Sphagnum medium vom südlichen Chiemseemoor führt in der Trockensubstanz 0,286 % CaO, 0,108 % MgO, 0,589 % K_2O, 0,103 % P_2O_5 und 0,850 % N und das vom Moor südlich vom Hopfensee 0,420 % CaO, 0,208 % MgO, 0,424 % K_2O, 0,087 % P_2O_5 und 1,038 % N. Das wasserfreie Sphagnum medium des ersteren Moores enthält 22 % N, 46 % CaO und 92 % MgO weniger, aber 16 % P_2O_5 und 28 % K_2O mehr als das des letzteren Moores. Das südliche Chiemseemoor führt weniger Kalk (und wahrscheinlich auch Magnesia) und Kali, aber mehr Phosphorsäure und Stickstoff als das Moor südlich vom Hopfensee und dem entspricht auch der niedrigere Kalk- und Magnesiagehalt des Sphagnum medium dieses Moores, nicht aber dessen niedrigerer Stickstoffgehalt oder dessen erhöhte Gehalte an Phosphorsäure und Kali.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Die drei Sphagnum cuspidatum-Proben stammen vom südlichen Chiemseemoor, vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau und von dem Moor südlich vom Hopfensee. Das Sphagnum cuspidatum des ersten Moores weist in der Trockensubstanz 0,178% CaO, 0,152% MgO, 0,647% K_2O, 0,073% P_2O_5 und 0,724% N auf, das des zweiten Moores 0,245% CaO, 0,173% MgO, 0,563% K_2O, 0,081% P_2O_5 und 0,901% N und das des letzten Moores 0,277% CaO, 0,212% MgO, 0,531% K_2O, 0,074% P_2O_5 und 0,768% N. Die mittlere Zusammensetzung des von drei verschiedenen Mooren entnommenen Sphagnum cuspidatum berechnet sich zu 0,233% CaO, 0,179% MgO, 0,580% K_2O, 0,076% P_2O_5 und 0,798% N. Die auf verschiedenen Mooren gewachsenen Sphagnum cuspidatum-Proben zeigen hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung nur geringfügige Unterschiede und die Gehaltsdifferenzen in den einzelnen Nährstoffen laufen nicht alle den der dazugehörigen Bodenproben parallel, so daß auch bei diesem Sphagnum kein bestimmender Einfluß des Standortes bezw. Vorkommens auf den Nährstoffgehalt der Sphagnen mit Sicherheit zu erkennen ist.

Das Sphagnum acutifolium wurde das eine Mal typischen Hochmoorpartien des südlichen Chiemseemoores und das andere Mal Waldvegetation tragenden Moorpartien desselben Moores entnommen. Das aus dem Hochmoor entnommene Sphagnum acutifolium enthält in der Trockensubstanz 0,255% CaO, 0,129% MgO, 0,303% K_2O, 0,066% P_2O_5 und 0,668% N und das aus dem Waldmoor stammende Sphagnum acutifolium führt 0,350% CaO, 0,102% MgO, 0,552% K_2O, 0,218% P_2O_5 und 1,719% N. Das wasserfreie Sphagnum acutifolium des Hochmoores enthält um 37% CaO, 82% K_2O, 156% N und 230% P_2O_5 weniger und um 21% MgO mehr als das des Waldes. Der Kalk- und Magnesiagehalt beider Torfmoose zeigt sonach keine erheblichen Unterschiede, dies ist aber bei deren Kaligehalt und ganz besonders bei deren Phosphorsäure- und Stickstoffgehalt der Fall. Die chemische Zusammensetzung der Waldvegetation tragenden Moorpartien des südlichen Chiemseemoores ist folgende: 0,347% CaO, 0,046% K_2O, 0,260% P_2O_5 und 2,68% N. Die Waldmoorpartien sind zwar durchweg etwas nährstoffreicher wie die Hochmoorpartien, die Gehaltsdifferenzen der einzelnen Nährstoffe sind aber keine so beträchtlichen, daß die großen Abweichungen im Phosphorsäure- und Stickstoffgehalt beider Torfmoore dadurch ohne weiteres erklärt werden können. Nicht der prozentische Unterschied der beiden Böden an Phosphorsäure und Stickstoff an und für sich kann die diesbezüglichen Nährstoffdifferenzen der beiden Sphagnen bedingt haben, sondern es ist anzunehmen, daß im Waldmoor die Phosphorsäure und der Stickstoff in einer verhältnismäßig leicht assimilierbaren Form vorhanden sind. In einer früheren Arbeit[1]) konnte Referent feststellen, daß die Waldmoore in den ersten Kulturjahren keiner Phosphorsäure- und Stickstoffdüngung bedürfen, daß

[1]) E. Gully, Über die Beziehungen zwischen Vegetation, chemischer Zusammensetzung und Düngerbedürfnis der Moore usw., Mitt. d. K. B. Moorkulturanstalt, 3. Heft, Stuttgart, 1909, S. 24/25.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

also die Phosphorsäure und der Stickstoff der Waldmoore in der Tat den Pflanzen leicht zugänglich sind. Bei der Frage, ob den Pflanzen aus dem Boden mehr oder weniger Nährstoffe zur Verfügung stehen, ist dessen prozentische Zusammensetzung nicht allein maßgebend, sondern hierbei kommt es auch darauf an, ob die im Boden vorhandenen Mineralstoffe auch von den Pflanzen assimiliert werden können. Daher kann dieselbe Pflanze auf verschiedenen Böden gezogen eine ganz von einander abweichende Zusammensetzung aufweisen und der eine Boden vermag nährstoffreichere Pflanzen als der andere zu produzieren, wiewohl der erstere prozentisch einen niedrigeren Gehalt an den einzelnen Mineralstoffen zu verzeichnen hat. Der Hochmoorboden enthält bekanntlich alle Nährstoffe in einer sehr schwer löslichen Form, so daß selbst größere Differenzen in seiner Zusammensetzung den Nährstoffgehalt der darauf gedeihenden Gewächse nicht wesentlich beeinflussen. Daher wird es verständlich, wenn im Nährstoffgehalt der voranstehend besprochenen Sphagnen verschiedenen Standortes keine auffälligen Unterschiede zu Tage treten, denn die Zusammensetzung der typischen Hochmoore ist keinen so großen Schwankungen unterworfen, daß solche sichtbar zum Ausdruck gelangen. Bei ausgeprägten Hochmooren stehen den darauf vegetierenden Torfmoosen aus den oberen Moorschichten nur äußerst minimale Nährstoffmengen zur Verfügung, die nicht genügen zu ihrer gedeihlichen Weiterentwicklung. Den ferneren Nährstoffbedarf suchen die Sphagnen aus dem von außen zufliegenden Staub zu decken und zufolge ihres anatomischen Baues vermögen sie die geringsten Spuren Nährstoffe, die das Wasser aus dem zugewehten Straßenstaube löst, fast quantitativ zu verwerten. Den Hauptanteil der erforderlichen Nährstoffe erhalten demnach die Hochmoorsphagnen nicht aus dem Moorboden bezw. nicht aus dem Untergrundswasser, sondern aus dem angewehten Staub bezw. aus dem Tagewasser.

Der wasserlösliche Teil der den Torfmooren zugewehten Mineralbestandteile ist nun in der Regel für weite Gebiete derselbe, die den Sphagnen zukommende Hauptnährstoffquelle bleibt sich meistens gleich und daher kommt es, daß die Hochmoorsphagnen verschiedenen Standortes nur unwesentliche Differenzen in ihrem Nährstoffgehalt zeigen. Die Ernährungsverhältnisse sind nun bei den Waldmoor- und Wiesenmoorsphagnen ganz andere als bei den Hochmoorsphagnen. Letztere leben vorwiegend von den geringen Nährstoffmengen, die ihnen aus dem zugewehten Staub geboten werden, während die Sphagnen der beiden ersten Torfmoosgruppen außerdem größere Nährstoffmengen aus dem Boden selbst oder aus dem Wasser aufnehmen, das ihnen entweder ständig oder zu Zeiten größerer Regenfälle von dem benachbarten Gelände zufließt. Wären die analysierten Waldmoorsphagnen „Hangmooren" entnommen, so würden auch in ihrem Magnesia- und Kalkgehalt größere Unterschiede zu verzeichnen sein; sie entstammen jedoch Moorpartien, die relativ arm an Magnesia und Kalk sind und denen kein nährstoffreiches Wasser, sondern nährstoffarmes Hochmoorwasser zufließt, weshalb nur erhebliche Differenzen in deren anderen Nährstoffgehalten auftreten. Obwohl die Zusammensetzung der Böden, auf denen das Sphagnum acutifolium vegetiert hatte, bloß eine erhebliche Abweichung

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

im Phosphorsäuregehalt aufweist, sind trotzdem bedeutende Unterschiede im Kali-, Phosphorsäure- und Stickstoffgehalt des Sphagnum acutifolium verschiedenen Standortes zu konstatieren. Daraus geht hervor, daß der Standort einen wesentlichen Einfluß auf die Zusammensetzung der Gewächse ausüben kann, daß es aber hierbei mehr auf die Assimilationsgröße der Bodennährstoffe als auf den absoluten Gehalt des Bodens an Nährstoffen ankommt. Noch größere Unterschiede im Nährstoffgehalt ein und desselben Torfmooses sind festzustellen, wenn dieses auf Böden von stark von einander abweichender Zusammensetzung gestanden hatte. Die größten Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung zeigen die Wiesenmoore, daher fallen bei den Wiesenmoorsphagnen die Differenzen im Nährstoffgehalte größer aus als bei den Hochmoor- oder Waldmoorsphagnen und diese Unterschiede werden häufig dadurch verschiedenartiger und verstärkt, daß diesen Torfmoosen aus dem Untergrunds- oder Überschwemmungswasser die verschiedensten Mineralstoffe in sehr wechselnden Konzentrationen zu Gebote stehen, wie nachstehend dargetan wird.

Das lebende Sphagnum contortum vom Moor am Bärensee enthält in der wasserfreien Substanz 3,480 % unverbrennliche Stoffe, 3,170 % in Salzsäure lösliche Mineralbestandteile, 1,066 % CaO, 0,260 % MgO, 0,859 % K_2O, 0,176 % P_2O_5, 0,310 % in Salzsäure Unlösliches und 1,300 % N, und dasselbe lebende Torfmoos vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau führt in der Trockensubstanz 11,890 % unverbrennliche Stoffe, 6,700 % in Salzsäure lösliche Mineralbestandteile, 2,952 % CaO, 1,005 % MgO, 0,636 % K_2O, 0,160 % P_2O_5, 5,190 % in Salzsäure Unlösliches und 1,415 % N. Der Phosphorsäure-, Kali- und Stickstoffgehalt des Sphagnum contortum beider Moore weicht wenig von einander ab und dies wird in der Regel der Fall sein, denn das Wasser, das den Wiesenmoorsphagnen von dem anstoßenden Gelände zufließt, führt nur ausnahmsweise größere Mengen an diesen Nährstoffen. Dagegen enthält dieses Wasser für gewöhnlich viel suspendierte Stoffe und es sind darin auch meistens beträchtliche Kalk- und Magnesiamengen gelöst, so daß die Wiesenmoorsphagnen wohl immer einen hohen, aber doch sehr veränderlichen Gehalt an diesen Substanzen aufweisen. Das Sphagnum contortum beider Moore weist in der Tat einen hohen Prozentsatz an vorerwähnten Stoffen auf; wir sehen auch, daß die Gehalte an den einzelnen Substanzen beider Sphagnen recht verschiedene sind, enthält doch das Sphagnum contortum des Moores vom Bahnhof Waizern-Hopferau um 242 % Rohasche, 111 % Reinasche, 177 % CaO, 286 % MgO und um 1574 % in Salzsäure Unlösliches mehr wie dasselbe Torfmoos vom Moor am Bärensee. Schon im Aschengehalt beider Sphagnen ergeben sich große Gehaltsunterschiede. Während das Sphagnum contortum vom Moor am Bärensee verhältnismäßig wenig Rohasche, aber relativ viel Reinasche führt, ist bei demselben Torfmoos vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau das Entgegengesetzte wahrzunehmen. Inwiefern diese extremen Aschenunterschiede beider Sphagnen zu erklären sind, wurde bereits früher gezeigt und braucht nur noch auf den hohen Magnesiagehalt der Reinasche des Torfmooses von letzterem Moor hingewiesen zu werden.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Das lebende Sphagnum platyphyllum vom Moor am Förchensee führt in der Trockensubstanz 6,873% Rohasche, 4,907% Reinasche, 1,310% CaO, 0,346% MgO, 0,948% K_2O, 0,261% P_2O_5, 1,966% in Salzsäure Unlösliches und 1,966% N und das vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau 12,810% Rohasche, 4,760% Reinasche, 1,295% CaO, 0,532% MgO, 0,634% K_2O, 0,183% P_2O_5, 8,05% in Salzsäure Unlösliches und 1,290% N. Ersteres Torfmoos enthält 1% CaO, 3% Reinasche, 30% P_2O_5 und je 33% K_2O und N mehr, aber 54% MgO, 86% Rohasche und 309% in Salzsäure Unlösliches weniger als letzteres. Obgleich das Sphagnum platyphyllum des Moores am Bahnhof Waizern-Hopferau um 86% mehr Rohasche führt, ist dasselbe dennoch — mit Ausnahme des Magnesiagehaltes — an sämtlichen anderen Nährstoffen ärmer als das vom Moor am Förchensee, ein Hinweis darauf, daß dieses Moor nährstoffreicher ist als das am Bahnhof Waizern-Hopferau. Für diese Annahme liegt zwar kein analytischer Beleg vor, doch dürfte dieses zutreffen, wissen wir doch, daß die bayerischen Moorwälder auf nährstoffreichen Wiesenmooren aufwachsen und die Bodenprobe vom Förchensee-Moorwald schon erheblich mehr Nährstoffe aufweist als die vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau. Des ferneren gewinnt obige Vermutung auch dadurch an Gewißheit, daß gerade die Phosphorsäure- und Stickstoffgehalte des Torfmooses vom Moor am Förchensee die des Torfmooses vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau um 33% übertreffen und diese Nährstoffe in der Regel aus dem Boden selbst entnommen werden.

Abgestorbene Sphagnen: Das abgestorbene Sphagnum fuscum des südlichen Chiemseemoores enthält in der Trockensubstanz 0,275% CaO, 0,099% MgO, 0,044% K_2O, 0,027% P_2O_5 und 0,429% N, das vom Moor südlich vom Hopfensee 0,402% CaO, 0,167% MgO, 0,200% K_2O, 0,049% P_2O_5 und 0,490% N und das vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau 0,399% CaO, 0,177% MgO, 0,188% K_2O, 0,046% P_2O_5 und 0,459% N. Das abgestorbene, auf drei verschiedenen Mooren gewachsene Sphagnum fuscum führt im Mittel auf wasserfreie Substanz berechnet 0,359% CaO, 0,148% MgO, 0,144% K_2O, 0,041% P_2O_5 und 0,459% N. Wie das lebende so zeigt auch das abgestorbene Sphagnum fuscum des südlichen Chiemseemoores den niedrigsten Gehalt an sämtlichen Nährstoffen und fallen insbesondere die geringen Phosphorsäure- und Kaligehalte auf. Die kleinsten Differenzen sind im Stickstoffgehalt der verschiedenen Sphagnum fuscum-Proben zu konstatieren. Dies wird ohne weiteres verständlich, wenn man bedenkt, daß bei den Hochmooren und den Hochmoorsphagnen der leichter verwertbare Eiweiß- und Amidstickstoff bloß einen geringen Prozentsatz des Gesamtstickstoffs ausmacht, während der Reststickstoff nur sehr allmählich verwertbar wird. Auf typischen Hochmooren kann der Stickstoffgehalt der Torfmoose nur wenig voneinander abweichen, weil der Hochmoorboden den darauf vegetierenden Sphagnen nur spärliche Stickstoffnahrung bietet, diese vielmehr der Hauptsache nach von dem Stickstoff leben, der ihnen durch das atmosphärische Wasser zugeführt wird.

Die Trockensubstanz des Sphagnum medium vom südlichen Chiemseemoor weist 0,274% CaO, 0,125% MgO, 0,259% K_2O, 0,049% P_2O_5 und

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

0,510% N auf und die des Sphagnum medium des Moores südlich vom Hopfensee 0,427% CaO, 0,167% MgO, 0,203% K_2O, 0,067% P_2O_5 und 0,666% N. Ersteres Torfmoos enthält um 22% K_2O mehr, aber um 30% N, 33% MgO, 37% P_2O_5 und 55% CaO weniger als letzteres. Obwohl das Moor südlich vom Hopfensee ärmer an Phosphorsäure und Stickstoff ist wie das südliche Chiemseemoor, sind die Phosphorsäure- und Stickstoffgehalte des Torfmooses von ersterem Moor beträchtlich höher als die der Sphagnen des letzteren Moores und zeigt sich demnach auch bei den abgestorbenen Torfmoosen, daß die prozentische Zusammensetzung des Bodens nicht allein maßgebend ist für den Nährstoffgehalt der darauf gewachsenen Pflanzen.

Das abgestorbene Sphagnum cuspidatum des südlichen Chiemseemoores führt in der Trockensubstanz 0,205% CaO, 0,103% MgO, 0,205% K_2O, 0,070% P_2O_5 und 0,635% N, das vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau 0,367% CaO, 0,138% MgO, 0,254% K_2O, 0,055% P_2O_5 und 0,630% N und das des Moores südlich vom Hopfensee 0,357% CaO, 0,177% MgO, 0,182% K_2O, 0,058% P_2O_5 und 0,658% N. Die mittlere Zusammensetzung des von drei Mooren genommenen Sphagnum cuspidatum ergibt sich zu 0,310% CaO, 0,139% MgO, 0,214% K_2O, 0,061% P_2O_5 und 0,641% N. Die abgestorbenen Sphagnum cuspidatum-Proben zeigen noch geringfügigere Abweichungen in ihrer chemischen Zusammensetzung wie die lebenden Torfmoosteile und insbesondere sind deren Differenzen im Stickstoffgehalte belanglos. Sonach ist auch bei diesen abgestorbenen Hochmoorsphagnen kein bestimmter Einfluß des Standortes auf deren Zusammensetzung festzustellen und somit müssen die äußeren Einflüsse, die auf den Nährstoffgehalt der Sphagnen einwirken, bei den verschiedenen Hochmooren annähernd dieselben sein.

In der Trockensubstanz des abgestorbenen Sphagnum acutifolium der Hochmoorflächen des südlichen Chiemseemoores sind enthalten 0,248% CaO, 0,116% MgO, 0,092% K_2O, 0,046% P_2O_5 und 0,533% N und in der desselben Torfmooses der Waldvegetation tragenden Partien genannten Moores 0,550% CaO, 0,090% MgO, 0,163% K_2O, 0,135% P_2O_5 und 1,198 N. Das wasserfreie Sphagnum acutifolium des Hochmoores führt sonach um 22% MgO mehr, aber um 76% K_2O, 122% CaO, 125% N und um 193% P_2O_5 weniger als das des Moorwaldes. Der Einfluß des Standortes auf die chemische Zusammensetzung der Gewächse tritt bei den abgestorbenen Sphagnum acutifolium-Proben deutlich zu Tage, und zwar ist derselbe bei fast sämtlichen Nährstoffen zu konstatieren. Der wesentlich höhere Gehalt des Sphagnum acutifolium vom Walde an Phosphorsäure und Stickstoff kann auf den größeren Gehalt des Waldmoorbodens an diesen Stoffen und auf deren leichtere Assimilierbarkeit zurückgeführt werden, hingegen ist diese Erklärung nicht für den wesentlich größeren Kali- und Kalkgehalt dieses Torfmooses zulässig. Der größere Prozentsatz des Torfmooses vom Walde an diesen Stoffen mag dadurch veranlaßt sein, daß im Walde die Sphagnen auch noch die Nährstoffe verwerten, die ihnen durch das abfallende Holz, Laub und Nadeln zukommen und das sind in erhöhtem Maße Kali und Kalk.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Das wasserfreie abgestorbene Sphagnum contortum vom Moor am Förchensee führt 5,24% Rohasche, 4,112% Reinasche, 2,241% CaO, 0,422% MgO, 0,269% K_2O, 0,138% P_2O_5, 1,128% in Salzsäure Unlösliches und 1,079% N und das des Moores am Bahnhof Waizern-Hopferau 11,37% Rohasche, 5,920% Reinasche, 2,743% CaO, 0,716% MgO, 0,270% K_2O, 0,130% P_2O_5, 5,450% in Salzsäure Unlösliches und 1,054% N. Wie bei den lebenden, so ist auch bei den verschiedenen abgestorbenen Sphagnum contortum-Proben der Phosphorsäure-, Kali- und Stickstoffgehalt nahezu derselbe. Hingegen weist das abgestorbene Sphagnum contortum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau um 115% Rohasche, 44% Reinasche, 22% Kalk, 69% Magnesia und um 383% in Salzsäure Unlösliches mehr auf wie das vom Moor am Bärensee. Die Differenzen der abgestorbenen Torfmoose im Gehalt der einzelnen Mineralbestandteile sind keine so erheblichen als bei den lebenden Sphagnen, auch weicht die Zusammensetzung ihrer Aschen nicht stark von einander ab, doch vermag man bei den abgestorbenen Sphagnum contortum-Proben zu erkennen, daß die chemische Zusammensetzung der Torfmoose von den Standortsverhältnissen abhängt.

Die Trockensubstanz des abgestorbenen Sphagnum platyphyllum vom Moor am Förchensee enthält 18,20% Rohasche, 5,33% Reinasche, 1,377% CaO, 0,482% MgO, 0,357% K_2O, 0,149% P_2O_5, 12,87% in Salzsäure Unlösliches und 1,051% N und die desselben Torfmooses vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau 14,432% Rohasche, 7,411% Reinasche, 1,914% CaO, 0,458% MgO, 0,294% K_2O, 0,249% P_2O_5, 7,021% in Salzsäure Unlösliches und 1,640% N. Ersteres Sphagnum führt 5% MgO, 21% K_2O, 26% Rohasche und 83% in Salzsäure Unlösliches mehr, aber 28% Reinasche, 28% CaO, 35% N und 40% P_2O_5 weniger als letzteres. Der Rohaschengehalt beider abgestorbenen Sphagnum platyphyllum-Proben muß als ein sehr hoher bezeichnet werden und im Verhältnis zu ihrem Aschenreichtum sind deren Gehalte an den einzelnen mineralischen Nährstoffen niedrige. Dies rührt daher, daß ihre Rohasche nur 29,3 bezw. 51,4% in Salzsäure lösliche Mineralbestandteile enthalten und sonach zum großen Teil aus für die Pflanzenernährung wertlosen Substanzen bestehen. Für den Nährstoffgehalt der Torfmoose — wie der Gewächse überhaupt — kommt weniger der Prozentsatz derselben an unverbrennlichen Bestandteilen als der an löslichen Mineralstoffen in Betracht. Der abnorm hohe Rohaschengehalt der Sphagnen läßt darauf schließen, daß diese auf einem Terrain gestanden haben, das in der Überschwemmungszone liegt. Das Überschwemmungswasser enthält die einzelnen Nährstoffe in wechselnder Menge gelöst und je nach der Abflußgeschwindigkeit führt dasselbe veränderliche Mengen an unverbrennlichen Stoffen, die sich je nach dem Feinheitsgrade in mehr oder minderem Maße auf den lebenden oder abgestorbenen Sphagnenteilen niederschlagen und so deren Unterschiede im Rohaschen- als auch im Reinaschengehalt bedingen. Bereits bei den Sphagnen des Hochmoores wurde wiederholt beobachtet, daß ihr Nährstoffgehalt je nach dem Standorte Schwankungen unterworfen ist und wenn auch diese nur geringe sind und unregelmäßig auftreten, so deuteten doch viele Zeichen darauf hin, daß die chemische Zusammensetzung

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

des Bodens einen Einfluß auf den Nährstoffgehalt der darauf gedeihenden Pflanzen ausübt. Der Einfluß der Bodenbeschaffenheit auf die Zusammensetzung der Torfmoose war erst mit Sicherheit bei dem Sphagnum acutifolium verschiedenen Standortes nachzuweisen. Das auf Waldvegetation tragenden Moorpartien gewachsene Torfmoos war insbesondere phosphorsäure- und stickstoffreicher als das von dem typischen Hochmoor und dabei zeigte sich, daß es weniger auf den Gesamtvorrat des Bodens an den Nährstoffen ankommt als mehr auf die Art und Weise, in welcher diese vorhanden sind. Die Zusammensetzung der Wiesenmoorsphagnen wird nun nicht allein von dem Nährstoffgehalt des Bodens beeinflußt, auf dem sie gewachsen waren, sondern weit mehr von dem des Überschwemmungswassers, das ihnen gelegentlich zufließt. Beide Einflüsse kommen je nach den örtlichen Verhältnissen in ganz verschiedener Art und Richtung zur Geltung und daher müssen die Torfmoose der Wiesenmoore die größten Unterschiede in der Zusammensetzung aufweisen, so daß dieselben das eine Mal relativ arm und das andere Mal relativ reich an Nährstoffen sind, wie dies bei den untersuchten Wiesenmoorsphagnen tatsächlich der Fall ist. Damit ist auch erwiesen, daß die Sphagnen aus einem nährstoffreicheren Boden mehr Nährstoffe aufnehmen als zu ihrem Gedeihen erforderlich ist, daß also auch diese Pflanzen gerne Luxuskonsumption treiben.

3. Die Unterschiede im Nährstoffgehalt der lebenden und abgestorbenen Sphagnen und die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe bei der Bildung von Hochmoor.

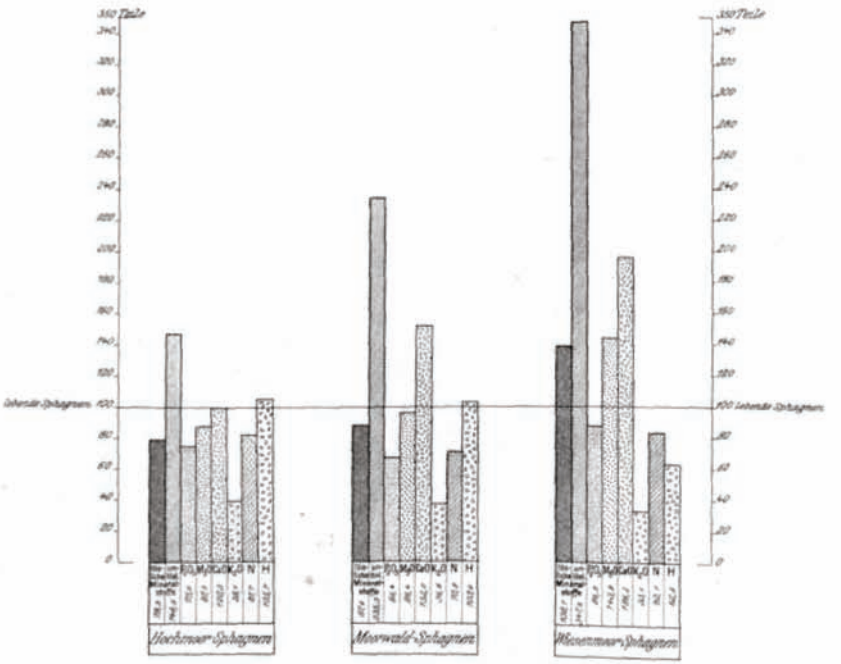
Die mittlere chemische Zusammensetzung der drei Sphagnengruppen wurde nicht aus sämtlichen analysierten Torfmoosen berechnet, sondern nur aus den sieben Hochmoorsphagnen des südlichen Chiemseemoores, aus den fünf Waldmoorsphagnen der Waldmoorpartien des gleichen Moores und aus drei Wiesenmoorsphagnen der Moore am Bärensee und am Förchensee. Der Kürze und Einfachheit halber beziehen sich daher die Unterschiede, die sich bei Vergleichung der mittleren Nährstoffgehalte der lebenden und abgestorbenen drei Sphagnengruppen im nachstehenden ergeben, speziell auf die Torfmoose vorerwähnter Moore, sie haben aber auch auf sämtliche Sphagnen Bezug und Gültigkeit. Die Differenzen, welche die einzelnen Torfmoose der verschiedenen Gruppen in der chemischen Zusammensetzung unter sich aufweisen, sind aus den Tabellen über den Nährstoffgehalt der Sphagnen zu ersehen. Es ist denselben zu entnehmen, daß diese manchmal ziemlich groß sind und daß sie die Mittelwertzahlen der betreffenden Sphagnengruppe beeinflussen, daß sie aber am Endergebnis selbst nichts zu ändern vermögen.

Die mittlere Zusammensetzung der lebenden Hochmoorsphagnen wurde gefunden in der Trockensubstanz zu 97,57% verbrennlichen Stoffen, 2,43% unverbrennlichen Stoffen, 1,916% Reinasche, 0,258% CaO, 0,128% MgO, 0,458% K_2O, 0,072% P_2O_5, 0,514% in Salzsäure Unlösliches und 0,759% N und die der abgestorbenen Hochmoorsphagnen zu 97,740% verbrennlichen Stoffen, 2,26% unverbrennlichen Stoffen, 1,505% Reinasche, 0,259% CaO, 0,112% MgO, 0,179% K_2O, 0,054% P_2O_5, 0,755% in Salzsäure Unlösliches und 0,620% N. Die wasserfreien abgestorbenen Teile der Hochmoorsphagnen führen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

ſonach um 0,001 % CaO und 0,241 % in Salzſäure Unlösliches mehr, aber um 0,17 % Rohaſche, 0,411 % Reinaſche, 0,016 % MgO, 0,279 % K_2O, 0,018 % P_2O_5 und um 0,139 % N weniger wie die lebenden Hochmoorſphagnenteile. Überſichtlich und deutlich kommen die Gehaltsunterſchiede in der Zuſammenſetzung der lebenden und abgeſtorbenen Sphagnen zum Ausdruck, wenn der Aſchen- und Nährſtoffgehalt der erſteren gleich 100 geſetzt und der Aſchen- und Nährſtoffgehalt der letzteren auf dieſe Zahl umgerechnet wird. Graphiſch dargeſtellt erhält man darüber untenſtehendes Bild. Nach dieſer Berechnung entfallen auf je 100 Aſchen- und Nährſtoffteile der lebenden nachſtehende Zahlen Aſchen- und Nährſtoffteile der abgeſtorbenen Torfmooſe: 93,0 Rohaſche, 78,5 Reinaſche, 146,9 in Salzſäure Unlösliches, 100,3 CaO, 87,5 MgO, 39,1 K_2O, 75,0 P_2O_5 und 81,7 N.

Graphiſche Darſtellung des mittl. Nährſtoffgehaltes und der Baſenabſorptionsgröße der abgeſtorbenen waſſerfreien Pflanzenteile der bei Bernau geſammelten Torfmooſe der drei Sphagnengruppen, wenn der mittl. Nährſtoffgehalt u. die Baſenabſorptionsgröße der lebenden waſſerfreien Sphagnenteile = 100 geſetzt wird.



Die abgeſtorbenen Hochmoorſphagnen enthalten um 7 % Rohaſche und 11,5 % Reinaſche weniger, aber um 46,9 % in Salzſäure Unlösliches mehr als die lebenden Hochmoorſphagnen. Obwohl der Aſchengehalt der erſteren gegenüber dem der letzteren zurückgegangen iſt, weiſen die abgeſtorbenen Torfmooſe einen höheren Prozentſatz an in Salzſäure unlöslichen Mineralbeſtandteilen auf wie die lebenden und demnach haben die lebenden Sphagnen auf Koſten der löslichen Nährſtoffe der abgeſtorbenen Torfmooſe gelebt, oder es ſind gewiſſe Mineralſtoffe beim beginnenden Vertorfungsprozeſſe verloren gegangen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Verfolgen wir diese Fragen weiter, so wäre zuerst zu konstatieren, daß beide Sphagnenteile fast genau dieselbe Menge Kalk führen, während ihr Gehalt an den übrigen Nährstoffen recht verschieden ist. So enthalten die abgestorbenen Hochmoorsphagnen 0,3% CaO mehr, aber 12,5% MgO, 18,3% N, 25,0% P_2O_5 und 60,9% K_2O weniger als die lebenden; der Kalk ging sonach nicht, das Magnesia am wenigsten und das Kali am meisten verloren bezw. wurden diese Stoffe von den lebenden Sphagnen zum Wachstum verwendet. In den Torfmoosen scheint der Kalk in einer schwer zersetzbaren organischen Verbindung vorhanden zu sein, denn die abgestorbenen Sphagnen weisen denselben Kalkgehalt auf wie die lebenden und wir wissen auch, daß selbst etwas besser zersetzte Hochmoore noch immer 0,15 bis 0,30% Kalk führen. Die lebenden Torfmoose der Hochmoore leben sonach ausschließlich von dem Kalk, der ihnen durch den Staub der Luft zufliegt und den die anderen Moorpflanzen nicht oder nur in geringem Maße ausnutzen können. Hierin dürfte eine der Ursachen zu suchen sein, daß diese Gewächse in verhältnismäßig kurzer Zeit von ihrem Standorte verdrängt werden, sobald Hochmoorsphagnen auf dem Terrain auftreten.

In nahem Zusammenhang mit dem Kalkgehalt der Torfmoose steht deren Magnesiagehalt. In den abgestorbenen Sphagnen finden wir noch 87,5% der Magnesia der lebenden, also dürfte durch Auswaschung der 7. Teil des anfänglichen Magnesiavorrates verloren gehen, denn es ist anzunehmen, daß die lebenden Torfmoose den gesamten Magnesiabedarf aus dem angewehten Mineralstaub decken. Ein Teil der Magnesia ist sonach in einer weniger schwer löslichen Form vorhanden und zwar wahrscheinlich in Verbindung mit der Phosphorsäure als anorganisches Salz, während der Hauptteil derselben an die resistentere stickstoffhaltige organische Substanz gebunden sein dürfte und daher der Auslaugung weniger unterliegt.

Ein abweichendes Verhalten zu genannten zwei Nährstoffen ist bezüglich des Kaligehaltes der Sphagnen zu verzeichnen. Die abgestorbenen Hochmoorsphagnen enthalten nämlich bloß zirka $^1/_3$ des Kaligehaltes der lebenden. Da erstere bedeutend mehr Kali führen als Kalk und da der angewehte Staub aus dolomitischem Mineralpulver besteht, das nur Spuren Kali enthält, so muß angenommen werden, daß die Torfmoose ihren großen Kalibedarf nicht aus diesem Material allein decken, sondern daß sie auch vom Kalivorrat ihrer abgestorbenen Pflanzenteile Nutzen ziehen. Dies wird ihnen aber nur dann möglich sein, wenn das Kali zum überwiegenden Teil als leicht lösliches Salz zugegen ist. Bedenken wir nun, daß bereits die abgestorbenen Torfmoose — die ja noch keiner eigentlichen Zersetzung unterliegen — gegenüber den lebenden um über 60% weniger Kali enthalten und daß alle Hochmoore nur einige hundertstel Prozent oder noch weniger Kali führen, so kommen wir zu dem Ergebnis, daß der größte Teil des Sphagnenkali in einer leicht verwertbaren Form als anorganisches Salz und bloß ein kleiner Teil desselben in schwerer löslicher organischer Verbindung vorhanden sein muß. Die Sphagnen decken den Bedarf an Kalk und Magnesia aus dem Staube der Luft, hinsichtlich ihres Kalibedarfes sind sie aber auf den Kalivorrat der abgestorbenen Pflanzenteile angewiesen. Aus diesem Grunde schwankt der Kalk- und Magnesiagehalt der lebenden und abgestorbenen Torfmoose nur un-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

bedeutend, während mitunter in ihrem Kaligehalte große Differenzen vorkommen. Es nützen die lebenden Sphagnen wahrſcheinlich das Kali ihrer abgeſtorbenen Pflanzenteile zu ihrem weiteren Wachstum ziemlich verluſtlos aus, ſo daß andere anſpruchsvollere Gewächſe Kalimangel leiden und daher iſt anzunehmen, daß bei der Hochmoorbildung auch das Kali eine wichtige Rolle ſpielt, ja eine größere als der Kalk.

Die abgeſtorbenen Hochmoortorfmooſe führen um 25% weniger Phosphorſäure wie die lebenden und dieſer Phosphorſäureanteil dürfte in Form von Calcium- und Magneſiumſalzen in ihnen vorhanden geweſen und von den lebenden Torfmooſen zum Wachstum verbraucht worden ſein, während die reſtierende Phosphorſäure an organiſche Subſtanzen (Proteine, Nukleine) gebunden iſt und der Auswaſchung weit weniger unterliegt. Der mittlere Phosphorſäuregehalt der waſſerfreien lebenden Hochmoorſphagnen beträgt 0,072% und der der abgeſtorbenen nur 0,054%. Nun führt das ſüdliche Chiemſeehochmoor in der Trockenſubſtanz 0,151% P_2O_5, es enthält ſonach zweimal mehr Phosphorſäure als die lebenden Hochmoorſphagnen und dreimal ſoviel Phosphorſäure wie die abgeſtorbenen. Der relativ hohe Phosphorſäuregehalt dieſes Hochmoores kann nicht von den Torfmooſen der Hochmoorgruppe herrühren, ſondern es müſſen denſelben andere Moorgewächſe oder Sphagnen einer andern Gruppe mit beträchtlich größerem Phosphorſäuregehalt bedingt haben.

Der Prozentſatz der waſſerfreien lebenden Hochmoorſphagnen an Stickſtoff berechnet ſich zu 0,759% und der der abgeſtorbenen zu 0,620%. Dieſe führen um 0,139% weniger Stickſtoff wie die erſteren, ſie enthalten ſomit um ca. 18% weniger Stickſtoff wie dieſe. Von dem Geſamtſtickſtoff liegt etwa der fünfte Teil in einer löslichen Verbindung vor und dürfte dieſer Stickſtoff von den lebenden Torfmooſen zum weiteren Aufbau verwendet werden, während der übrige Stickſtoff in nahezu unlöslicher organiſcher Form (Amidoverbindungen) vorhanden und in dieſer Form für das Pflanzenleben wertlos iſt. Selbſt bei ſtärkerer Zerſetzung geht der Stickſtoff nur allmählich in eine leichter aſſimilierbare Verbindung über und hieraus erklärt ſich der große Stickſtoffbedarf bei der Kultur der Hochmoore, die ſelbſt bei guter Zerſetzung der Stickſtoffzufuhr nicht entbehren können. Durch die zunehmende Zerſetzung wird der Hochmoorboden prozentiſch nur wenig an Stickſtoff reicher, und da das ſüdliche Chiemſeehochmoor im Mittel über 2,0% Stickſtoff enthält, ſo ſpricht dieſer Umſtand dafür, daß ſich auf dieſem Moor die jetzige Vegetation und ſpeziell die derzeitige Sphagnenflora vor noch nicht allzulanger Zeit angeſiedelt hat, denn ſonſt könnte der Phosphorſäure- und Stickſtoffgehalt dieſes Moores keine ſo beträchtliche Höhe erreichen. Wir haben ſoeben erwähnt, daß im Hochmoor durch die Zerſetzung nur Spuren Stickſtoff frei werden und auch die Stickſtoffmengen, die aus den abgeſtorbenen Torfmooſen reſultieren, genügen keinenfalls den Pflanzen zur Ernährung, weshalb angenommen werden kann, daß die Hochmoorſphagnen vorwiegend von dem Stickſtoff leben, der ihnen aus der atmoſphäriſchen Luft durch das Regenwaſſer zugeführt wird. Je nach der Gegend, den Niederſchlägen und dem Jahr ſchwankt die dem Boden aus der Luft zugeführte Menge an gebundenem Stickſtoff innerhalb weiter Grenzen. Vageler[1]) gibt

[1]) Vageler, die Bindung des atmoſphäriſchen Stickſtoffs in Natur und Technik, S. 27, Braunſchweig 1908.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

an, daß dem Ackerland auf diese Weise — pro ha und Jahr — 1,81 bis 22,12 kg Stickstoff (N_2O_5 und NH_3) geboten werden und für Liebwerda (Böhmen) werden 11,72 kg angegeben. Legen wir der folgenden Berechnung diese Zahl zu Grunde und nehmen den mittleren Stickstoffgehalt der lebenden Hochmoorsphagnen zu 0,759% an, so genügt der aus der atmosphärischen Luft stammende gebundene Stickstoff zur Erzeugung von jährlich 1544 kg Sphagnentrockensubstanz oder — unter Annahme eines mittleren Trockensubstanzgehaltes der Torfmoose von 5% — von 30880 kg frischer Sphagnensubstanz. Das Gewicht eines cbm frischer Sphagnen beträgt rund 500 kg, die 30880 kg produzierter Sphagnentrockensubstanz nimmt somit einen Raum ein von 61,76 cbm, was einer Sphagnenschicht von 0,6176 cm pro ha entspricht. Der den Torfmoosen aus der Luft zukommende gebundene Stickstoff vermag pro Jahr und ha berechnet eine Sphagnenmasse zu produzieren, die gleichmäßig gewachsen, das Moor als 6,176 mm mächtige Schicht überdecken und innerhalb 162 Jahren eine Mächtigkeit von 1 Meter erlangen würde. Die scheinbar geringen Quantitäten assimilierbaren Stickstoffs, welche dem Hochmoor jährlich aus der Atmosphäre zugeleitet werden, erzeugen bereits in einer Vegetationsperiode ansehnliche Mengen organischer Substanz und im Laufe der Zeit summieren sich diese Beträge zu gewaltigen Werten. Nehmen wir nun an, daß im Hochmoor keine anderen Stickstoffquellen wie die der Luft organische Substanz produzieren, daß diese innerhalb 162 Jahren eine 100 cm starke Torfmoosdecke zu bilden vermögen und daß 1 cbm frischer Sphagnen 25 kg Trockensubstanz enthält, während 1 cbm Hochmoorboden durchschnittlich 100 kg wasserfreie Substanz führt, so wären zur Erzeugung einer 100 cm mächtigen Torfschicht $162 \times 4 = 648$ Jahre erforderlich. Bei der Zersetzung und Vertorfung der organischen Substanz erleidet diese große Gewichtsverluste, dann dürfte die gebundene Stickstoffmenge, welche den Torfmoosen aus der Luft zugute kommt, zu hoch angenommen sein, sowie diese auch nicht verlustlos von den Sphagnen zum Aufbau von neuer organischer Substanz verwendet wird, weshalb zur Bildung einer meterstarken Torfschicht aus dem gebundenen Stickstoff der Atmosphäre nicht 648 Jahre, sondern ein weit größerer Zeitraum notwendig sein dürfte. Nun wird das Alter unserer tieferen Hochmoore auf mehrere Tausende von Jahren geschätzt und daher ist die Annahme durchaus berechtigt, daß wenigstens in den letzten Entwickelungsstadien sich die Hochmoore vorwiegend auf Kosten der organischen Stickstoffverbindungen der Luft gebildet haben, die ihnen durch die Niederschläge sukzessive zugeführt wurden.

Die lebenden Hochmoorsphagnen enthalten im Mittel in der Rohasche 10,61% CaO, 5,26% MgO, 18,8% K_2O, und 2,96% P_2O_5 und in der Reinasche 13,46% CaO, 6,68% MgO, 23,9% K_2O, und 3,76% P_2O_5, während die Rohasche der abgestorbenen Hochmoorsphagnen 11,46% CaO, 4,95% MgO, 7,92% K_2O und 2,39% P_2O_5 und deren Reinasche 17,21% CaO, 7,44% MgO, 11,89% K_2O und 3,59% P_2O_5 führt. Die Aschen der lebenden Torfmoose sind besonders kalireich, hingegen weisen die Aschen der abgestorbenen Sphagnen am meisten Kalk auf. Nichtsdestoweniger ist deren Kaligehalt — im Vergleich zu dem des eigentlichen Hochmoorbodens — noch ein sehr großer und ist dies ein

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Beweis dafür, daß das Kali der abgestorbenen Torfmoose bei beginnender und zunehmender Zersetzung bis auf einen kleinen Rest von den lebenden Pflanzen verbraucht wird oder infolge Auswaschung rasch verloren geht, so daß anspruchsvollere Gewächse des Kalimangels halber ihr Fortkommen nicht mehr finden.

Betrachten wir das Verhältnis, in welchem in den Sphagnen Kalk zu den übrigen Nährstoffen vorkommt, so ergibt sich, daß bei den lebenden Torfmoosen im Mittel auf 100 Teile Kalk, 49,6 Teile MgO, 177,5 Teile K_2O, 27,9 Teile P_2O_5 und 294,2 Teile N und bei den abgestorbenen Sphagnen auf 100 Teile Kalk, 43,2 Teile MgO, 69,1 Teile K_2O, 20,8 Teile P_2O_5, und 239,3 Teile N treffen. Da beide Sphagnenteile denselben Prozentsatz Kalk aufweisen, so geht hieraus hervor, daß aus den lebenden Torfmoosen die Magnesia, der Stickstoff und die Phosphorsäure verhältnismäßig wenig verschwinden, während dieselben das Kali in großen Mengen verlieren.

Die wasserfreien lebenden Waldmoorsphagnen enthalten im Mittel 96,634% verbrennliche Stoffe, 3,366% unverbrennliche Bestandteile, 2,46% Reinasche, 0,350% CaO, 0,140% MgO, 0,846% K_2O, 0,223% P_2O_5, 0,906% in Salzsäure Unlösliches und 1,524% N und die abgestorbenen Waldmoorsphagnen 95,714% verbrennliche Stoffe, 4,286% unverbrennliche Bestandteile, 2,154% Reinasche, 0,532% CaO, 0,135% MgO, 0,311% K_2O, 0,148% P_2O_5, 2,132% in Salzsäure Unlösliches und 1,080% N. Es führen demnach die abgestorbenen Teile der Waldmoorsphagnen in der Trockensubstanz um 0,306% Reinasche, 0,005% MgO, 0,075% P_2O_5 und 0,444% N weniger, aber um 0,920% Rohasche, 0,182% CaO und 1,226% in Salzsäure Unlösliches mehr als die lebenden Teile derselben Torfmoosgruppe. Auf je 100 Aschen- und Nährstoffteile der lebenden entfallen folgende Aschen und Nährstoffteile der abgestorbenen Sphagnen: 127,4 Rohasche, 87,6 Reinasche, 235,3 in Salzsäure Unlösliches, 152,0 CaO, 96,4 MgO, 36,8 K_2O, 66,4 P_2O_5 und 70,8 N.

Es führen die abgestorbenen Waldmoorsphagnen um 12,4% lösliche Mineralbestandteile weniger, aber um 27,4% Rohasche und um 135,3% in Salzsäure Unlösliches mehr wie die lebenden, jene sind trotz des größeren Gehaltes an unverbrennlichen Stoffen ärmer an Reinasche geworden, während ihr Gehalt an in Salzsäure unlöslicher Substanz in unverhältnismäßig hohem Maße gestiegen ist. Die abgestorbenen Waldmoorsphagnen sind gegenüber den lebenden ärmer an Reinasche geworden, sie haben aber im Vergleich zu den abgestorbenen Hochmoorsphagnen um 7,1% weniger an löslichen Mineralstoffen bei dem beginnenden Zersetzungsprozeß eingebüßt als diese und verteilen sich diese Verluste auch bei den abgestorbenen Waldmoorsphagnen nicht gleichmäßig auf die einzelnen Nährstoffe.

Die abgestorbenen Waldmoorsphagnen führen 52,0% Kalk mehr, aber 3,6% MgO, 29,2% N, 33,6% P_2O_5 und 63,2% K_2O weniger als die lebenden; der Kalk hat sich demnach prozentisch angehäuft, während von der Magnesia am wenigsten und vom Kali am meisten verloren ging. Die lebenden Torfmoose enthalten fast denselben Prozentsatz Kalk wie der Waldmoorboden, auf welchem ein Teil derselben gewachsen war. Zwar ist es nicht ausgeschlossen, daß mitunter schwach kalkhaltiges Grundwasser zu den abgestorbenen Torfmoosen hindrang und sich dieselben den Kalk des Grundwassers aneigneten und so reicher daran

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

wurden; mehr Wahrscheinlichkeit hat aber die Annahme, daß sich die abgestorbenen Waldmoorsphagnen auf Kosten des Detritus der Bäume an diesem Nährstoffe bereichern. Die abfallenden Blätter und Nadeln der Bäume enthalten bekanntlich viel mehr Kalk als Kali. Bei deren Verwesung wird das Kali eher und anfänglich in größeren Mengen löslich als der Kalk und das zum Leben wichtigere Kali dürfte von den oberen lebenden Sphagnenteilen quantitativ festgehalten werden, während der gelöste Kalk von den unteren abgestorbenen Torfmoosteilen gebunden wird. Diese Vermutung gewinnt auch dadurch an Wahrscheinlichkeit, daß in der Tat die Waldmoorsphagnen bedeutend mehr Kali führen wie die Hochmoorsphagnen, und da beide Moorarten gleich kaliarm sind, so kann der erhöhte Kaligehalt der Waldmoorsphagnen nur wie oben erklärt werden.

Die abgestorbenen Waldmoorsphagnen weisen um 3,6% weniger Magnesia auf wie die lebenden; gegenüber den abgestorbenen Hochmoorsphagnen hat sich die Magnesiaabnahme um 9,1% verringert. Dies läßt sich daraus erklären, daß ein Teil der verhältnismäßig kleinen Magnesiamengen, welche aus dem Detritus der Bäume in Lösung gehen, den abgestorbenen Torfmoosen zugute kommt, wodurch die Magnesiaverminderung geschwächt erscheint.

Gegenüber den lebenden Waldmoorsphagnen hat sich der Kaligehalt der abgestorbenen Pflanzenteile um 63,2% vermindert, so daß diese nur noch $^1/_3$ des Kaligehaltes der lebenden Sphagnen führen. Obwohl die lebenden Waldmoorsphagnen fast zweimal soviel Kali aufweisen wie die lebenden Torfmoose des Hochmoores, so ergibt sich doch in beiden Fällen dieselbe Kaliabnahme. In beiden Torfmoosgruppen findet sich demnach das Kali in Verbindungsformen von demselben Löslichkeitsgrade vor und die lebenden Waldmoorsphagnen scheinen wie die lebenden Hochmoorsphagnen ebenso quantitativ das lösliche Kali ihrer abgestorbenen Pflanzenteile zum Wachstum zu verwenden. Dies deutet darauf hin, daß die Sphagnen recht kaliliebende Pflanzen sind, daß sie dem Boden große Quantitäten Kali entziehen, ihn an diesem Nährstoff relativ bald erschöpfen und erst dann sich mit den Kalimengen begnügen, die ihnen aus dem angewehten Mineralstaub geboten werden, wenn sie dem Boden sämtliches lösliches Kali entzogen haben. Aus diesem Verhalten der Torfmoose erklärt sich die große Kaliarmut der verschiedenen Moorformen und speziell der Hochmoore und die verhältnismäßig rasche Umwaldung der Moore in Hochmoore, sobald sich auf einem Moor größere Sphagnenmengen angesiedelt haben.

Der Phosphorsäuregehalt der lebenden und abgestorbenen Waldmoorsphagnen kann als ein ziemlich hoher bezeichnet werden, denn an diesem Nährstoff führen erstere in der Trockensubstanz 0,223% und letztere 0,148%. Diese enthalten um 33,6% P_2O_5 weniger wie jene, und es sind die Phosphorsäureverluste der abgestorbenen Waldmoorsphagnen um 8,6% größer als die der abgestorbenen Torfmoose der Hochmoore. Nun weisen erstere einen höheren Gehalt an Kalk und Magnesia auf wie letztere und daher dürfte bei den Torfmoosen der Waldmoore ein größerer Prozentsatz der Gesamtphosphorsäure an diese Mineralstoffe gebunden und so ein vermehrter Teil der Phosphorsäure der Auslaugung bezw. der Absorption durch die lebenden Pflanzenteile preisgegeben sein als bei den Sphagnen der Hochmoore. Dies würde auch für das geringere Phosphorsäurebedürfnis der

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Waldmoore sprechen, die, wie bereits früher erwähnt, bisweilen in den ersten Kulturjahren keiner Phosphorsäurezufuhr bedürfen.

Auch an Stickstoff sind die Waldmoorsphagnen erheblich reicher wie die Hochmoorsphagnen. An diesem Nährstoff enthalten die wasserfreien lebenden Torfmoose der ersten Gruppe 1,524% und ihre abgestorbenen Pflanzenteile 1,080%, diese führen demnach um 29,2% N weniger wie die vegetativen Teile. Vergleichen wir die Stickstoffverminderung der abgestorbenen Waldmoorsphagnen mit denen der abgestorbenen Torfmoose der Hochmoore, so ergibt sich, daß erstere bedeutend größere Stickstoffverluste erleiden als letztere, und zwar um 60% mehr wie diese. Der Stickstoff der Waldmoorsphagnen ist sonach zu einem weit größeren Teil in assimilierbaren Verbindungen vorhanden wie der der Torfmoose der Hochmoore und diese Erscheinung steht in Einklang mit dem verschiedenen Stickstoffbedarf beider Moorformen, verlangen doch die Hochmoore eine starke Stickstoffdüngung, während die Waldmoore vielfach eine solche ganz entbehren können.

Im Gegensatz zu den Torfmoosen der Hochmoore sind die der Waldmoore nicht allein auf die Nährstoffzufuhr von außen angewiesen. Aus dem Boden, auf welchem die Waldmoorsphagnen gedeihen, werden denselben je nach Standort und Größe der Torfmoosdecke mehr oder weniger Nährstoffe zugeleitet und stehen ihnen noch die Mineralbestandteile zur Verfügung, die aus dem Detritus der Bäume usw. frei werden, so daß sie sich bei genügender Feuchtigkeit weit rascher entwickeln können als die Torfmoose der Hochmoore. Im vorangehenden wurde nachgewiesen, daß das Wachstum der Hochmoorsphagnen kein so langsames ist wie es auf den ersten Blick erscheint und da — infolge der reichlichen Nährstoffzufuhr — bei den Waldmoorsphagnen ein viel üppigeres Gedeihen möglich ist, so darf es uns nicht verwundern, wenn ein schöner Moorwald mit freudigem Baumwuchs innerhalb einer kurzen Zeitspanne der Vernichtung anheimfällt, sobald sich in ihm die verderbenbringenden Torfmoose eingenistet haben.

Im Mittel führt die Rohasche der lebenden Waldmoorsphagnen 10,39% CaO, 4,16% MgO, 25,13% K_2O und 6,62% P_2O_5 und deren Reinasche 14,22% CaO, 5,69% MgO, 34,39% K_2O und 9,06% P_2O_5, während die Rohasche der abgestorbenen Sphagnenteile 12,41% CaO, 3,15% MgO, 7,26% K_2O und 3,45% P_2O_5 und deren Reinasche 24,70% CaO, 6,27% MgO, 14,44% K_2O und 6,87% P_2O_5 enthält. Die Aschen der lebenden Waldmoorsphagnen enthalten am meisten Kali, sie sind aber zugleich reich an Phosphorsäure. Dagegen zeichnen sich die Aschen der abgestorbenen Waldmoorsphagnen durch den Kalkreichtum und den relativ hohen Phosphorsäuregehalt aus, an welchen Mineralstoffen sie weit mehr führen als die Aschen der Hochmoortorfmoose, während die Aschen beider Torfmoosgruppen ungefähr gleichen Kaligehalt aufweisen, was dem annähernd gleichen Kalibedürfnis beider Moorformen entspricht.

Bei den lebenden Waldmoorsphagnen entfallen auf je 100 Teile Kalk, 40,0 Teile MgO, 241,7 Teile K_2O, 63,7 Teile P_2O_5 und 435,4 Teile N, und bei den abgestorbenen Pflanzenteilen treffen auf je 100 Teile Kalk, 25,4 Teile MgO, 58,5 Teile K_2O, 27,8 Teile P_2O_5 und 203,0 Teile N. Auf dieselbe Kalkmenge berechnen sich bei den abgestorbenen Torfmoosen weit weniger Teile der übrigen Nährstoffe als bei den lebenden und das Verhältnis von Kalk zu den anderen Nährstoffen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

wird bei den abgestorbenen Sphagnen der Waldmoore enger wie bei den abgestorbenen Torfmoosen der Hochmoore.

Die Trockensubstanz der lebenden Wiesenmoorsphagnen weist im Mittel 95,479% verbrennliche Substanz, 4,521% unverbrennliche Stoffe, 3,66% in Salzsäure lösliche Bestandteile, 1,038% CaO, 0,269% MgO, 0,934% K_2O, 0,198% P_2O_5, 0,861% in Salzsäure Unlösliches und 1,444% N und die der abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen 91,932% verbrennliche Substanz, 8,068% unverbrennliche Stoffe, 5,075% in Salzsäure lösliche Bestandteile, 2,037% CaO, 0,387% MgO, 0,309% K_2O, 0,172% P_2O_5, 2,993% in Salzsäure Unlösliches und 1,195% N auf. Die abgestorbenen Sphagnenteile führen in der wasserfreien Substanz im Mittel 0,625% K_2O, 0,026% P_2O_5 und 0,249% N weniger, aber 3,547% Rohasche, 1,415% Reinasche, 0,999% CaO, 0,118% MgO und 2,132% in Salzsäure unlösliche Stoffe mehr wie die lebenden Pflanzenteile. Auf je 100 Aschen- bezw. Nährstoffteile der lebenden Wiesenmoorsphagnen berechnen sich nachstehende Aschen- und Nährstoffteile der abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen: 178,4 Rohasche, 138,7 Reinasche, 347,6 in Salzsäure Unlösliches, 196,2 CaO, 143,9 MgO, 33,1 K_2O, 86,9 P_2O_5 und 82,7 N.

Infolge des beträchtlich größeren Gehaltes der abgestorbenen Torfmoose an unverbrennlichen Stoffen ist deren Prozentsatz an in Salzsäure löslichen, wie auch an in Salzsäure unlöslichen Mineralbestandteilen viel höher als der der lebenden Pflanzenteile. Die abgestorbenen Torfmoose der drei Sphagnengruppen weisen bezüglich ihres Aschengehaltes charakteristische Unterschiede auf. Gegenüber den lebenden Sphagnen der entsprechenden Torfmoosgruppe enthalten die abgestorbenen Hochmoorsphagnen weniger Roh- und Reinasche, die abgestorbenen Waldmoorsphagnen mehr Roh-, aber weniger Reinasche und die abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen sowohl mehr Roh- als auch Reinasche. Was die in Salzsäure unlöslichen Bestandteile der abgestorbenen Pflanzenteile der verschiedenen Sphagnenarten betrifft, sei erwähnt, daß der Prozentsatz an diesen Stoffen bei sämtlichen Torfmoosen höher ist als der der lebenden Sphagnen, die abgestorbenen Torfmoose der Waldmoore führen jedoch um 60% und die abgestorbenen Sphagnen der Wiesenmoore um 136% mehr an diesen Substanzen wie die abgestorbenen Hochmoorsphagnen. Nährstoffverluste, wie solche an den abgestorbenen Torfmoosen der Hoch- und Waldmoore zu verzeichnen waren, sind auch an den abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen nachzuweisen, doch ergeben sich bei dieser Sphagnengruppe keine so regelmäßigen Unterschiede wie bei den andern Sphagnenarten und erstrecken sich diese auf eine beschränkte Zahl von Nährstoffen.

Gegenüber den lebenden Wiesenmoorsphagnen enthalten die lebenden Torfmoose derselben Gruppe um 43,9% MgO und 96,2% CaO mehr, aber um 13,1% P_2O_5, 17,3% N und 66,9% K_2O weniger. Bei den abgestorbenen Pflanzenteilen dieser Sphagnengruppe hat sich außer dem Kalk noch die Magnesia in erheblicher Menge angehäuft, während von den übrigen Nährstoffen ein größerer oder kleinerer Prozentsatz verloren ging. Die Kalk- und Magnesiaanhäufung der abgestorbenen Torfmoose kann von mehreren Faktoren beeinflußt werden. Hierauf wirken ein die Zusammensetzung des Bodens, auf welchem die Sphagnen gewachsen waren, der Gehalt des Grundwassers an diesen Substanzen sowie der Nährstoff-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

gehalt des Wassers, das den Torfmoosen zeitweise von dem anstoßenden Gelände zufließt. Je nachdem der eine oder der andere der genannten Faktoren in den Vordergrund tritt oder verschieden lange einwirkt, ändert sich der Prozentsatz der abgestorbenen Sphagnen an diesen Nährstoffen, ja es kann vorkommen, daß sich hierdurch die Zusammensetzung der lebenden Torfmoose derart verschiebt, daß diese Sphagnenteile einen höheren Kalk- und Magnesiagehalt aufweisen wie die abgestorbenen.

Sowohl die lebenden als auch die abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen weisen nahezu denselben Prozentsatz Kali auf wie die entsprechenden Sphagnenteile der Waldmoore und beträgt auch bei ihnen der Kaligehalt nur zirka $^1/_3$ desjenigen der lebenden Torfmoose. Für die abgestorbenen Torfmoose aller Sphagnenarten ergibt sich also nahezu dieselbe starke Kaliabnahme gegenüber den lebenden und dem entspricht auch die Kaliarmut der Moore überhaupt.

Weit geringere Verluste sind im Phosphorsäuregehalt der abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen zu konstatieren, führen diese doch bloß um 13,1 % weniger an diesem Nährstoff wie die lebenden. Die abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen weisen den geringsten Phosphorsäureverlust unter den verschiedenen Sphagnenarten auf, doch ist dies noch kein Beweis dafür, daß sie diesen Nährstoff in einer stabileren Verbindung wie die andern Torfmoose enthalten. Der lösliche Phosphorsäureanteil der abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen dürfte anfänglich ebenso hoch, wenn nicht höher gewesen sein als der der andern Torfmoose, nur geht bei dieser Sphagnengruppe von diesem Nährstoff weniger verloren bezw. in die lebenden Pflanzen über, denn sobald sich freie Phosphorsäure oder leicht lösliche phosphorsaure Salze bilden, wird die Phosphorsäure an den vorhandenen überschüssigen Kalk gebunden und in eine sehr schwer lösliche Form übergeführt. Darum sind die Wiesen- und Übergangsmoore verhältnismäßig phosphorsäurereich, aber dennoch in den meisten Fällen für Phosphorsäurezufuhr dankbar, während die Waldmoore mit annähernd gleichem Prozentsatz Phosphorsäure, aber viel geringerem Kalkgehalt, in der Regel wenigstens in den ersten Kulturjahren der Phosphorsäuredüngung entbehren können. *Kalküberschuß, also freier nicht an organische Substanz gebundener Kalk, wirkt der Phosphorsäureauslaugung entgegen und reguliert gewissermaßen die Phosphorsäureaufnahme.*

Etwa gleichen Stickstoffgehalt wie die Torfmoose der Waldmoore haben die der Wiesenmoore. An diesem wichtigsten Nährstoff enthält die Trockensubstanz der lebenden Wiesenmoorsphagnen im Mittel 1,444 % und die deren abgestorbenen Pflanzenteile 1,195 %. Die abgestorbenen Torfmoose führen um 17,3 % weniger Stickstoff wie die lebenden, es ergeben sich somit bei ihnen fast dieselben Stickstoffverluste wie bei den abgestorbenen Hochmoorsphagnen. Bei den Wiesenmoorsphagnen hat der erhöhte Kalkgehalt die Stickstoffverluste weder verringert noch vermehrt, es ist aber anzunehmen, daß bei dem nachfolgenden Vertorfungsprozeß der freie Kalk fördernd auf die Pflanzenzersetzung einwirkt, so daß alsdann mehr Stickstoff in assimilierbare Formen übergeführt wird. Die gemachten Erfahrungen bei der Kultur solcher kalkreichen Moorböden sprechen für diese Annahme, denn sie haben ergeben, daß dieselben nur eine schwächere oder keine Stickstoffdüngung verlangen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Die Rohasche der lebenden Wiesenmoorsphagnen weist im Mittel 22,96% CaO, 5,95% MgO, 20,66% K_2O und 4,38% P_2O_5 und die Reinasche derselben 28,36% CaO, 7,35% MgO, 25,52% K_2O und 5,41% P_2O_5 auf, während sich die Rohasche der abgestorbenen Torfmoose aus 25,25% CaO, 4,80% MgO, 3,83% K_2O und 2,13% P_2O_5 und deren Reinasche aus 40,14% CaO, 7,62% MgO, 6,09% K_2O und 3,39% P_2O_5 zusammensetzt. Die Aschen der lebenden Wiesenmoorsphagnen enthalten mehr Kalk als Kali, während bei den andern lebenden Sphagnenarten das Umgekehrte der Fall ist. Dagegen kommt den Aschen aller abgestorbenen Sphagnen das Gemeinsame zu, daß der Kaligehalt weit hinter ihrem Kalkgehalt zurückbleibt.

Hinsichtlich der Verhältniszahl von Kalk zu den übrigen Nährstoffen ergibt sich, daß bei dem lebenden Torfmoose im Mittel auf je 100 Teile Kalk, 26,6 Teile MgO, 90,0 Teile K_2O, 19,1 Teile P_2O_5 und 139,1 Teile N entfallen, hingegen treffen bei den abgestorbenen Sphagnen im Mittel auf je 100 Teile Kalk, 19,0 Teile MgO, 15,1 Teile K_2O, 8,4 Teile P_2O_5 und 58,6 Teile N. Sowohl die lebenden als auch die abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen weisen ein engeres Verhältnis des Kalkes zu den übrigen Nährstoffen auf als die entsprechenden Pflanzenteile der andern Sphagnengruppen. Es berechnet sich die Verhältniszahl deshalb enger, weil bei diesen Torfmoosen der Kalkgehalt ein bedeutend höherer ist.

Bevor wir zum nächsten Kapitel übergehen, wäre noch folgendes hervorzuheben. Nach den bisherigen Besprechungen erscheinen die Torfmoose als nährstoffreiche Pflanzen, die auf verhältnismäßig nährstoffarmen Böden gedeihen. Letzteres trifft z. T. zu, dagegen können die Sphagnen nicht zu den nährstoffreichen Gewächsen gezählt werden, da nachstehende Erwägungen dagegensprechen.

Der Einfachheit, der Übersichtlichkeit und des bequemeren Vergleichs wegen wird der Analysenbefund in der Regel auf die Trockensubstanz des Untersuchungsmaterials angegeben und dies geschah auch im vorliegenden Falle. Der Trockensubstanzgehalt der Gewächse zur Zeit der Blüte oder Ernte schwankt aber innerhalb weiter Grenzen. So findet sich in Mentzel und Lengerkes Landwirtschaftlichem Kalender 1909, I. Teil, S. 93—95 z. B. der Wassergehalt von Grünfutter angegeben zu 70—85%, von den Blättern der Wurzelgewächse zu 77—90% und von diversen Gemüsearten zu 75—95%, während nach eigenen Untersuchungen der Wassergehalt der oberirdischen Pflanzenteile von Eriophorum vaginatum verschiedenen Standortes gefunden wurde zu 62,9—67,2%, von Scirpus caespitosus zu 59,3—64,7%, von Calluna vulgaris zu 50,4—52,8%, von Rhynchospora alba zu 72,4%, von Drosera rotundifolia zu 89,78%, von Drosera intermedia zu 91,17% und von verschiedenen Sphagnenarten durchschnittlich zu 95%. Es führen also die Torfmoose außerordentlich viel Wasser, so daß sich ihr Gehalt an wasserfreier Substanz fast durchweg niedriger stellt als der der wasserreichsten Pflanzen der Gemüsearten. Da die Sphagnen in dem Zustande, wie sie auf den Mooren wachsen, im Mittel zirka 5% Trockensubstanz enthalten, so führen dieselben in Wirklichkeit auch nur den zwanzigsten Teil des Nährstoffgehaltes, wie er für die Sphagnentrockensubstanz angegeben ist, und sind sonach

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

den nährstoffärmsten Gewächsen zuzurechnen. Unter Zugrundelegung eines Trockensubstanzgehaltes von 5% stellt sich der prozentische Nährstoffgehalt der frischen Torfmoose der verschiedenen Sphagnengruppen wie folgt:

Lebende Hochmoorsphagnen:
0,0129 CaO, 0,0064 MgO, 0,0229 K_2O, 0,0036 P_2O_5, 0,0379 N.
Abgestorbene Hochmoorsphagnen:
0,0129 CaO, 0,0054 MgO, 0,0089 K_2O, 0,0027 P_2O_5, 0,0310 N.
Lebende Waldmoorsphagnen:
0,0175 CaO, 0,0070 MgO, 0,0423 K_2O, 0,0111 P_2O_5, 0,0762 N.
Abgestorbene Waldmoorsphagnen:
0,0266 CaO, 0,0067 MgO, 0,0155 K_2O, 0,0074 P_2O_5, 0,0564 N.
Lebende Wiesenmoorsphagnen:
0,0519 CaO, 0,0134 MgO, 0,0467 K_2O, 0,0099 P_2O_5, 0,0722 N.
Abgestorbene Wiesenmoorsphagnen:
0,1018 CaO, 0,0193 MgO, 0,0154 K_2O, 0,0086 P_2O_5, 0,0597 N.

Nun wiegt ein cbm Sphagnen in seiner natürlichen Lage 500 kg, so daß ein cbm der verschiedenen Sphagnengruppen in kg folgende Nährstoffmengen führt:

Lebende Hochmoorsphagnen:
0,0645 CaO, 0,0320 MgO, 0,1145 K_2O, 0,0180 P_2O_5, 0,1895 N.
Abgestorbene Hochmoorsphagnen:
0,0645 CaO, 0,0280 MgO, 0,0445 K_2O, 0,0135 P_2O_5, 0,1550 N.
Lebende Waldmoorsphagnen:
0,0875 CaO, 0,0350 MgO, 0,2115 K_2O, 0,0555 P_2O_5, 0,3810 N.
Abgestorbene Waldmoorsphagnen:
0,1330 CaO, 0,0335 MgO, 0,0775 K_2O, 0,0370 P_2O_5, 0,2820 N.
Lebende Wiesenmoorsphagnen:
0,2595 CaO, 0,0670 MgO, 0,2335 K_2O, 0,0495 P_2O_5, 0,3610 N.
Abgestorbene Wiesenmoorsphagnen:
0,5090 CaO, 0,0965 MgO, 0,0770 K_2O, 0,0430 P_2O_5, 0,2985 N.

Noch deutlicher kommt der absolute Nährstoffgehalt der einzelnen Sphagnenarten zum Ausdruck, wenn derselbe pro ha auf 20 cm Tiefe berechnet wird. Nach dieser Rechnungsweise enthalten dieselben in kg nachverzeichnete Nährstoffmengen:
Lebende Hochmoorsphagnen: 129 CaO, 64 MgO, 229 K_2O, 36 P_2O_5, 379 N.
Abgestorbene Hochmoorsphagnen: 129 CaO, 56 MgO, 99 K_2O, 27 P_2O_5, 310 N.
Lebende Waldmoorsphagnen: 175 CaO, 70 MgO, 423 K_2O, 111 P_2O_5, 762 N.
Abgestorbene Waldmoorsphagnen: 266 CaO, 67 MgO, 155 K_2O, 74 P_2O_5, 564 N.
Lebende Wiesenmoorsphagnen: 519 CaO, 134 MgO, 467 K_2O, 99 P_2O_5, 720 N.
Abgestorbene Wiesenmoorsphagnen: 1018 CaO, 193 MgO, 154 K_2O, 86 P_2O_5, 597 N.

Aus obigen Zahlenangaben geht zweifellos die große Nährstoffarmut der Torfmoose hervor; dieselben sind aber noch insofern von besonderer Bedeutung, weil sie einen besseren und wahrscheinlicheren Rückschluß auf die Ursache der Hochmoorbildung gestatten, als dies bei den prozentischen Nährstoffgehaltsangaben der Sphagnentrockensubstanz möglich war. Stellen wir den absoluten Nährstoffvorrat der lebenden Sphagnenarten demjenigen der Moore bezw. Moorformen gegenüber, auf welchen sie gedeihen, so verdient nachstehendes besondere

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Beachtung. Nach einer früheren Arbeit des Referenten: Über die Beziehungen zwischen Vegetation, chemischer Zusammensetzung und Düngerbedürfnis der Moore usw., Mitt. d. K. B. Moorkulturanstalt, 3. Heft, Stuttgart 1909, S. 32 u. 33, enthält das südliche Chiemseehochmoor pro ha auf 20 cm Tiefe 438 kg CaO, 104 kg K_2O, 438 kg P_2O_5 und 6032 kg N. Die lebenden Hochmoorsphagnen weisen auf demselben Flächenmaß 70,6% CaO, 91,8% P_2O_5 und 93,7% N weniger, aber 120,2% K_2O mehr und deren abgestorbene Pflanzenteile 70,6% CaO, 93,9% P_2O_5, 4,8% K_2O und 94,9% N weniger auf wie genanntes Hochmoor. Für die Moore mit Waldvegetation wird an derselben Stelle der mittlere Nährstoffgehalt pro ha auf 20 cm Tiefe angegeben zu 8040 kg CaO, 159 kg K_2O, 1101 kg P_2O_5 und 12100 kg N und gegenüber dieser Moorform berechnet sich auf die gleiche Fläche der Mindergehalt der lebenden Waldmoorsphagnen an den einzelnen Nährstoffen zu 97,8% CaO, 90,9% P_2O_5 und 93,7% N (an Kali führen sie 166% mehr) und der ihrer abgestorbenen Pflanzen zu 96,7% CaO, 93,3% P_2O_5, 95,3% N und 2,5% K_2O. An selber Stelle finden wir den mittleren Nährstoffgehalt der Wiesenmoore pro ha auf 20 cm Tiefe angeführt mit 19364 kg CaO, 1288 kg P_2O_5, 343 kg K_2O und 13113 kg N, so daß verglichen mit dieser Moorform die lebenden Wiesenmoorsphagnen 97,3% CaO, 92,3% P_2O_5, 94,5% N weniger, aber 35,8% K_2O mehr und deren abgestorbene Pflanzenteile 94,8% CaO, 93,3% P_2O_5, 95,4% N und 55,4% K_2O weniger führen. Bei allen Torfmoosen ergibt sich gegenüber den entsprechenden Moorformen eine außerordentlich hohe Nährstoffverminderung. Bei alleiniger Vergleichung des prozentischen Mindergehaltes der Sphagnen an absoluten Nährstoffen gegenüber den absoluten Nährstoffmengen des Bodens, auf dem sie vorkommen, könnte man geneigt sein anzunehmen, daß bei der Bildung von Hochmoor die Verarmung des Bodens an Kalk, Stickstoff und Phosphorsäure die Hauptrolle spielen, während dem Kalivorrat des Bodens keine größere Bedeutung zukäme. Dies wäre jedoch ein irriger Schluß und eine unrichtige Auslegung mitgeteilter Zahlenwerte. Bei der Frage nach der Ursache der Bildung von Hochmoor kommt es nämlich weniger auf die prozentischen Nährstoffverluste der Sphagnen als vielmehr auf deren wirkliche Gesamtnährstoffverluste an und zwar unter Berücksichtigung der Größe des ursprünglichen absoluten Nährstoffvorrates. Berechnen wir nun die absoluten Minder- (—) bezw. Mehrgehalte (+) der Sphagnen gegenüber den absoluten Nährstoffgehalten des Bodens, auf denen sie wachsen, so kommen wir zu nachstehenden Werten.

Lebende Hochmoorsphagnen:
— 309 kg CaO, + 125 kg K_2O, — 402 kg P_2O_5, — 5653 N.

Abgestorbene Hochmoorsphagnen:
— 309 kg CaO, — 5 kg K_2O, — 411 kg P_2O_5, — 5722 N.

Lebende Waldmoorsphagnen:
— 7865 kg CaO, + 273 kg K_2O, — 990 kg P_2O_5, — 11338 N.

Abgestorbene Waldmoorsphagnen:
— 7774 kg CaO, — 4 kg K_2O, — 1027 kg P_2O_5, — 11536 N.

Lebende Wiesenmoorsphagnen:
— 18845 kg CaO, + 124 kg K_2O, — 1189 kg P_2O_5, — 12393 N.

Abgestorbene Wiesenmoorsphagnen:
— 18346 kg CaO, — 189 kg K_2O, — 1202 kg P_2O_5, — 12516 N.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Hiernach ergeben sich für Kalk, Stickstoff und Phosphorsäure ganz erhebliche Nährstoffabnahmen und zwar sowohl bei den lebenden als auch bei den abgestorbenen Torfmoosen. Hingegen tritt nur bei den abgestorbenen Sphagnen eine Kaliverminderung ein, während bei den lebenden Torfmoosen eine erhebliche Kalivermehrung gegenüber dem Standorte zu verzeichnen ist.

Die Wiesenmoor- und Waldmoorsphagnen führen bedeutend mehr Kalk wie die Hochmoorsphagnen. Weit größere Unterschiede als im prozentischen und absoluten Kalkgehalt der verschiedenen Sphagnenarten sind zu konstatieren, wenn man berechnet, um wieviel sich der absolute Kalkgehalt der Torfmoose gegenüber dem der Böden, auf denen sie wachsen, vermindert. Dabei ist festzustellen, daß die Kalkabnahme bei den Wiesenmoorsphagnen sechzigmal mehr ausmacht wie die der Hochmoortorfmoose, so daß es auf den ersten Blick erscheint, als ob die großen Kalkverluste der verschiedenen Sphagnen gegenüber ihrem Standorte Schuld an der Bildung des typischen Hochmoores seien. Dem ist aber nicht so, denn bedenken wir, daß die Sphagnen ein und derselben Gruppe, sowie die einzelnen Torfmoosgruppen unter sich einen wechselnden Kalkgehalt und damit ein schwankendes Kalkbedürfnis aufweisen, daß sich die prozentischen absoluten Kalkabnahmen der drei Sphagnengruppen gegenüber dem sehr verschiedenen absoluten Kalkvorrat der entsprechenden Moorformen annähernd gleichstellen, daß die Hochmoorsphagnen den Kalk der Hochmoore überhaupt nicht oder nur zum verschwindend kleinen Teil benötigen und trotzdem ein üppiges Wachstum zeigen, so zwingt sich uns die Annahme auf, daß der Kalkgehalt des Bodens bei der Bildung von Hochmoor eine nebensächliche Rolle spielt und zwar nur insofern, als durch denselben das Auftreten einer mehr oder weniger kalkliebenden Sphagnenart bedingt wird.

Der absolute Stickstoffgehalt der Hochmoorsphagnen beträgt ca. die Hälfte desjenigen der Waldmoor- oder der Wiesenmoortorfmoose. Nichtsdestoweniger errechnen sich die prozentischen Mindergehalte der Torfmoose an ihren absoluten Stickstoffmengen gegenüber den der Böden, auf denen sie wachsen, nahezu gleich hoch und zwar deswegen, weil die absoluten Stickstoffvorräte der Sphagnen verhältnismäßig hohe und diejenigen der Böden relativ niedrige sind. Die verschiedenen Sphagnenarten weisen gegenüber ihrem Standorte 309—18845 kg Kalk, aber 5653—12393 kg Stickstoff weniger auf. Im ersteren Falle ergibt sich im Kalkmindergehalt der Hochmoor- zu den Wiesenmoortorfmoosen eine Latitüde von 18636 kg und im letzteren Falle errechnet sich in dem Stickstoffmindergehalt der Hochmoor- zu den Wiesenmoorsphagnen eine solche von 6863 kg. Die einzelnen Sphagnengruppen zeigen sonach im absoluten Stickstoffgehalt weit geringere Schwankungen als im absoluten Kalkgehalt, und daraus ist zu schließen, daß sie mit letzterem Nährstoff nicht so verschwenderisch umgehen als mit ersterem und daß demselben eine erhöhte Bedeutung bei dem Lebensprozeß der Pflanzen zukommt. Tatsache ist, daß der wichtigste Bestandteil der Gewächse die Eiweißstoffe sind, daß diese Substanzen ca. 16% Stickstoff enthalten und daß die Eiweißbildung und damit die Erzeugung der organischen Substanz von dem Prozentgehalt des Bodens an assimilierbarem Stickstoff abhängt. Zur gedeihlichen Pflanzenentwicklung gehört demnach eine

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

gewisse Menge Stickstoff und diese bestimmt die Produktionsgröße der Gewächse. Je nach dem Bodenreichtum an Stickstoff findet eine verschieden große Erzeugung der Pflanzenmasse statt und wohl auch eine Erhöhung des Stickstoffgehaltes der Pflanze selbst, diese hält sich aber innerhalb mäßiger Grenzen und wo eine bedeutende Stickstoffanreicherung stattfindet, kann auf eine Luxuskonsumption an diesem Nährstoff geschlossen werden. Bei den Torfmoosen der Wald- und Wiesenmoore kann — infolge des größeren allgemeinen Nährstoffvorrates — fraglos eine viel raschere und größere Produktion von organischer Pflanzenmasse vor sich gehen als bei den Hochmoorsphagnen und damit müssen den Wald- und Wiesenmoorböden größere Stickstoffquantitäten als den Hochmoorböden entzogen werden. Dem Stickstoffvorrat des Bodens muß demgemäß *indirekt* eine Rolle bei der Hochmoorbildung beigemessen werden, insofern als der größere Stickstoffreichtum des Standortes *ein ergiebigeres Wachstum der Torfmoose und eine schnellere Ausbreitung derselben zuläßt*, wodurch die Bildung von Hochmoor eine Beschleunigung erfährt. Nun haben wir aus früheren Erörterungen erfahren, daß die Hochmoorsphagnen nicht oder bloß zum Teil auf den Stickstoffgehalt ihres Standortes angewiesen sind, daß denselben zum Fortwachsen die minimalen Stickstoffmengen genügen, die ihnen durch die Niederschläge aus der Atmosphäre geboten werden, daß ihr Stickstoffgehalt nicht über 0,956% in der Trockensubstanz ansteigt, während die anderen Sphagnen manchesmal das Doppelte an diesem Nährstoff führen und sonach damit sicherlich Luxuskonsumption treiben. Wenn trotzdem die Torfmoose mit dem Stickstoff sparsamer wirtschaften als mit dem Kalk, so geht hieraus nicht hervor, daß der Prozentgehalt der Moore an Stickstoff zur Ernährung anderer Moorgewächse nicht mehr ausreicht und infolgedessen allmähliche Hochmoorbildung eintritt, sondern es beweist nur, daß die verschiedenen Sphagnenarten keine so stickstoff- wie kalkliebenden Pflanzen sind und aus diesem Grunde *die Luxuskonsumption an Stickstoff eine kleinere ist als die an Kalk*. Da aber die Waldmoor- und Wiesenmoorsphagnen mehr Stickstoff assimilieren, als zu ihrer gedeihlichen Entwickelung erforderlich zu sein scheint, so kann von einem Stickstoffmangel ihrer Standorte nicht gesprochen werden, und demgemäß spielt der Stickstoffgehalt des Bodens keine unmittelbare Rolle bei der Bildung von Hochmoor.

Der absolute Phosphorsäuregehalt der Hochmoortorfmoose ist ein auffallend geringer und selbst der der weit phosphorsäurereicheren Sphagnen der Wald- und Wiesenmoore muß als ein sehr mäßiger bezeichnet werden. Dies mag daher kommen, daß die Gewächse überhaupt weniger Phosphorsäure wie Kalk oder Stickstoff aufnehmen, daß viele Böden verhältnismäßig wenig assimilierbare Phosphorsäure enthalten, weshalb die Pflanzen von vornherein mit diesem Nährstoff sparsamer umgehen. Die Mindergehalte der Sphagnen an Phosphorsäure gegenüber dem absoluten Phosphorsäuregehalt ihrer Standorte sind daher keine so erheblichen als dies bei den bisher besprochenen zwei Nährstoffen zutrifft. Für die Torfmoose der Hochmoore stellen sich diese im Mittel auf 402 kg, für die der Waldmoore auf 990 kg und für die der Wiesenmoore auf 1189 kg, so daß die Differenzen im absoluten Phosphorsäuremindergehalt der Sphagnengruppen unter sich nur 588 bezw. 787 kg ausmachen. Die Tatsachen, daß die lebenden Torfmoose einen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Teil der Phosphorsäure ihrer abgestorbenen Pflanzenteile zum eigenen Wachstum ausnützen, daß die Mindergehalte der Sphagnen an Phosphorsäure gegenüber dem absoluten Vorrat ihrer Standorte an diesem Nährstoff geringe sind, sprechen für die Annahme, daß dem Phosphorsäuregehalt des Bodens bei der Hochmoorbildung ein Einfluß zukommt. Andererseits aber zeugen die kleinen absoluten Phosphorsäuremengen der einzelnen Sphagnengruppen und die außerordentlich hohen Differenzen im prozentischen Phosphorsäuregehalt der verschiedenen Torfmoosarten sowie der Sphagnen ein und derselben Gruppe — aus denen eine Luxuskonsumption an Phosphorsäure hervorgeht — dafür, daß der Phosphorsäuregehalt des Bodens bei der Hochmoorbildung keine wichtigere Rolle spielt. Dies dürfte bei den ersten Bildungen der Hochmoore durchaus zutreffen, bei den weiteren Entwicklungsstadien dieser Moorformen aber nicht mehr der Fall sein. Die Moore, welche aus irgend einer Ursache die ersten Ansätze einer Hochmoorbildung zeigen, führen stets so viel assimilierbare Phosphorsäure, daß diese außer zur Ernährung der anspruchsvolleren Sphagnen noch reichlich zum Gedeihen von Wiesenmoorpflanzen ausreicht. In den ersten Anfängen der Hochmoorbildung können daher Wiesenmoorpflanzen neben den Torfmoosen ganz gut ihr Fortkommen finden. Durch das vermehrte Auftreten der Sphagnen wird aber über die alte Bodendecke ein Moospolster gezogen, das mit der Zeit an Stärke und Dichte so zunimmt, daß ein Teil der Wurzeln der anderen Pflanzen den tiefliegenden genügend lösliche Phosphorsäure führenden Boden nicht erreicht und da die Sphagnendecke selbst nur wenig für diese Pflanzen assimilierbare Phosphorsäure enthält, so leiden sie bald Phosphorsäuremangel, werden infolgedessen immer mehr im Kampf um das Dasein unterliegen und so zum Verschwinden gebracht. In den späteren Entwicklungsstadien der Moore bedingt sonach die große Phosphorsäurearmut des Bodens das alleinige Auftreten der Hochmoorflora und damit die Veranlassung der **typischen** Hochmoorbildung.

Während der Gehalt des Bodens an Kalk und Stickstoff in den Übergangsstadien von Wiesenmoor zu Hochmoor keine wesentliche unmittelbare Bedeutung erlangt, spielt der Phosphorsäuregehalt des Bodens die größte und ausschlaggebendste Rolle für die typische Hochmoorbildung. Welcher Vegetationsfaktor die direkte Veranlassung zu den ersten Hochmooransätzen gibt, wird sich im nachstehenden zeigen. Die hohe Wichtigkeit des Nährstoffes Kali für das Pflanzenleben dürfte jedermann zur Genüge bekannt sein, so daß hierauf nicht eingegangen zu werden braucht. An dieser Stelle soll hierzu bloß daran erinnert werden, daß die Stärkebildung nur bei Gegenwart dieses Elementes vor sich gehen kann, daß also indirekt die Produktionsgröße an organischer Substanz von dem Kalivorrat des Bodens abhängt. Nun produzieren gerade die Moorpflanzen eine große Masse organischer Substanz, ohne daß ihrem Standorte Kali zugeführt wird und daher muß notwendigerweise die Zeit kommen, in welcher der Kalivorrat des Bodens kein genügender mehr ist, um den Kalibedarf der anspruchsvolleren Wiesenmoorpflanzen zu decken. Vermögen wir festzustellen, daß die Wiesenmoore im Verhältnis zum Kalibedarf der Gewächse sehr wenig Kali enthalten, und daß sich ihr Kalivorrat niedriger stellt als der ihrer übrigen Nährstoffe, obwohl der Bedarf der

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Pflanzen an Kali stets größer ist als z. B. der an Phosphorsäure, so geht hieraus zur Evidenz hervor, daß die Kaliarmut der Moore den Übergang der Wiesenmoore zu den Hochmooren veranlaßt.

Der Kaligehalt der wasserfreien lebenden Wiesenmoorsphagnen wurde gefunden im Mittel zu 0,934%, der der Waldmoortorfmoose zu 0,846% und der der Hochmoorsphagnen zu 0,458%. Gegenüber den letzteren treiben die anderen Sphagnenarten scheinbar Luxuskonsumption an Kali, doch sehen wir, daß diese keine so beträchtliche ist wie die der Torfmoose an den übrigen mineralischen Nährstoffen. Wollte man den höheren Kaligehalt der Torfmoose der Waldmoore und Wiesenmoore als Luxuskonsumption deuten und darin einen Beweis dafür erblicken, daß diese Moorformen keinen Kalimangel leiden, so könnte man aus demselben Grunde die Hochmoore für kalireich halten, denn auch die Torfmoose dieser Böden weisen bedeutende Schwankungen im Kaligehalt auf. Die Hochmoore für kalireich zu halten, wird ernstlich niemanden einfallen und diese eventuelle Anschauung ließe sich schon durch die Erfahrungen allein widerlegen, welche man bezüglich der Kalidüngung der Hochmoorkulturen gemacht hat. Die Differenzen im Prozentsatz der Torfmoose an Kali dürfen nicht etwa wie die an Phosphorsäure und Stickstoff als Luxuskonsumption aufgefaßt werden, denn die Gehalte der Sphagnen an letzteren zwei Nährstoffen geben die wirklichen — also die gebundenen, physiologisch verarbeiteten — Prozentsätze der Torfmoose an diesen Substanzen an, während dies für ihren Kaligehalt nicht zutrifft. Nach den Forschungen von A. Baumann und dem Referenten[1]) sind die Sphagnen befähigt, den verdünntesten Nährlösungen ihre Bestandteile zu entziehen und auf ihrer gequollenen Zellhaut zu verdichten. Einen großen Prozentsatz der Basen enthalten demzufolge die Torfmoose nicht in physiologisch verarbeiteter, sondern nur in adsorptiv gebundener Form und da wir niemals wissen, wieviel das adsorptiv gebundene Kali von dem Gesamtkali ausmacht, so kann deren höherer Kaligehalt auch nicht als Luxuskonsumption gedeutet werden. Aus früheren Erörterungen hat sich gezeigt, daß die abgestorbenen Torfmoose der Hochmoore 60,9%, die der Waldmoore 63,2% und die der Wiesenmoore 67,9% weniger Kali führen als deren lebende Pflanzenteile, und diese Prozentsätze dürften das adsorptiv gebundene Kali der lebenden Sphagnen sein, das nach ihrem Absterben dem Aufbau neuer Pflanzensubstanz dient. Nun dürfte aus den abgestorbenen Sphagnen das adsorptiv festgehaltene Kali nur zum Teil entfernt sein, denn das untersuchte Material weist erst Spuren einer beginnenden Verwesung auf, so daß sich oben angeführte Prozentsätze an adsorbiertem Kali in Wirklichkeit erheblich höherstellen. Unter Beachtung vorerwähnter Tatsachen ergeben sich bei den verschiedenen Sphagnenarten unbedeutende Schwankungen in ihrem Gehalt an physiologisch verarbeitetem Kali und damit fällt die Annahme einer Kali-Luxuskonsumption derselben. Eine solche läßt auch der absolute Kaligehalt der Moore, die in der Umwandlung zum Hochmoor begriffen sind, nicht zu; steigt doch der absolute Kalivorrat der nährstoffreichsten typischen Wiesenmoore nur

[1]) A. Baumann u. E. Gully, Untersuchungen über die Humussäuren, II. Teil: Die freien Humussäuren des Hochmoores, ihre Natur, ihre Beziehungen zu den Sphagnen u. zur Pflanzenernährung. Mitt. d. K. B. Moorkulturanstalt, 4. Heft, S. 150—156, Stuttgart 1910.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

ausnahmsweise auf 700—800 kg an, während sich derselbe für die Wiesenmoore im Mittel bloß zu 343 kg berechnet. Ziehen wir damit den absoluten Kaligehalt der verschiedenen lebenden Sphagnenarten in Vergleich, den wir zu 229—469 kg gefunden haben, so sehen wir, daß sich derselbe für die Wiesenmoorsphagnen um 124 kg und für die Waldmoorsphagnen um 79 kg höher, aber für die Hochmoorsphagnen um 104 kg niedriger stellt. Hieraus geht hervor, daß die verschiedenen Sphagnenarten meistens mehr Kali führen als der mittlere absolute Kalivorrat der Wiesenmoore beträgt. Vergleichen wir die absoluten Kaligehalte der einzelnen Sphagnengruppen mit denjenigen ihrer Standorte, so weisen im Mittel die Torfmoose der Hochmoore um 125 kg, die der Waldmoore um 273 kg und die der Wiesenmoore um 124 kg Kali mehr auf als die Moore, auf welchen sie wachsen. Der absolute Kaligehalt der Sphagnen stellt sich demgemäß stets höher wie der ihrer Standorte. Hierin inbegriffen ist natürlich auch das Kali, welches die Torfmoose aus weisem Walten der Natur auf ihrer Zellhaut verdichtet enthalten, um daran in den Zeiten eintretenden Kalimangels keine Not leiden zu müssen, so daß ihr Wachstum stets ungestört vor sich gehen kann. Der Moorboden, welcher Neigung zeigt in Hochmoor überzugehen, führt so wenig Kali, daß er nicht einmal dazu befähigt ist, den Sphagnen die zu ihren Lebensfunktionen erforderlichen Mengen an diesem wichtigen Pflanzennährstoff zu bieten, so daß diese gezwungen sind, sich eventuell das nötige Kali auf andere Weise (Staub, Überschwemmungswasser) zu verschaffen. Dies zu tun sind aber die andern Moorgewächse nicht imstande; sie werden, sobald die Sphagnen auf dem Moore eine größere Ausbreitung erreichen, keine ausreichenden Kalimengen aufnehmen können und hierdurch in ihrer Ausbildung und für den Existenzkampf geschwächt, so daß sie mehr und mehr und schließlich ganz von den früheren Okkupationsgebieten verschwinden. Dies wird um so rascher vonstatten gehen, als das Verhältnis der übrigen Nährstoffe zu Kali in den fraglichen Böden, sowohl für den Verbleib des Kalis im Boden, als auch für das Pflanzenwachstum ein ganz ungünstiges ist. Die Wiesenmoore weisen pro ha auf 20 cm Tiefe im Mittel 1238 kg P_2O_5, 19364 kg CaO, 13113 kg N und 343 kg K_2O auf. Bei ihnen entfallen auf 100 Teile Kalk, 67,7 Teile Stickstoff, 6,65 Teile Phosphorsäure und 1,77 Teile Kali. Der außerordentlich hohe Kalkreichtum der Wiesenmoore hat schon in den ersten Entwicklungsstadien dieser Böden deren Kaliverluste begünstigt und tut dies auch in der Folgezeit, so daß bei ihnen früher oder später ein Stadium eintreten muß, in welchem ihr Kalimangel so zu Tage tritt, daß die Umwandlung in Hochmoor vor sich gehen kann. Diese geht umso leichter vor sich, als die übrigen Nährstoffverluste der Wiesenmoore keine so beträchtlichen sind wie die an Kali und diese verminderten Nährstoffe wohl noch zum Wachstum der meisten Wiesenmoorgewächse genügen, während das Kali keinesfalls mehr dazu ausreicht. Nun enthalten die Moore, bei welchen sich die ersten Hochmooransätze zeigen, stets noch so bedeutende Kalk- und Stickstoffvorräte, daß diese zweifellos zur Ernährung der Wiesenmoorgewächse genügen und da auch ihr Phosphorsäuregehalt den des Kalis um das Vielfache übersteigt, so muß unter den Nährstoffen der Verarmung des Bodens an Kali die alleinige direkte Ursache bei der Bildung von Hochmoor zugeschrieben werden.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

III. Die Absorptionsgröße der Sphagnen für Basen im allgemeinen.

In voranstehenden Kapiteln wurde wiederholt angeführt, daß die Torfmoose die Eigenschaft besitzen, wässerigen Nährlösungen die Mineralstoffe zu entziehen und auf ihrer Zellhaut zu verdichten (absorbieren). Diese Befähigung kommt denselben in verschieden starkem Maße zu und der Intensitätsgrad, mit welchem sie die Nährstoffe zu absorbieren vermögen, wird als deren Absorptionsgröße bezeichnet. Nach den ausführlichen Untersuchungen von A. Baumann und dem Referenten[1]) vermögen die Sphagnen infolge ihres eigentümlichen anatomischen Baues die verschiedensten Substanzen adsorptiv aufzunehmen und zwar in abweichender Stärke je nach der größeren oder kleineren Oberflächenausdehnung, welche die Zellhaut der hyalinen Sphagnumzellen aufweist. Diese Zellenhäute stellen Kolloide dar und als solchen kommt ihnen die Eigenschaft zu, Pflanzennährstoffe aus den verdünntesten Lösungen aufnehmen zu können. Die großen Hyalinzellen der Torfmoose bilden einen Fangapparat für Pflanzennährstoffe und üben die Funktionen der fehlenden Wurzeln aus. Vorzüglich deshalb, weil den Sphagnen die zur Nahrungsaufnahme erforderlichen Wurzeln fehlen, suchte man nach einem Agens, das den Zweck dieser erfüllen sollte und sprach deswegen den Torfmoosen einen höheren Gehalt an organischen Säuren zu. Diese Annahme fand große Verbreitung und wurde allgemein für richtig gehalten und erst die Arbeiten an unserer Anstalt brachten dieselbe zu Fall und beweisen, daß die scheinbaren Säurewirkungen der Sphagnen nicht auf deren Säuregehalte zurückzuführen sind, sondern auf Oberflächenwirkungen der Zellhaut der hyalinen Sphagnenzellen. Die bisher übliche Säurebestimmung des Moorbodens gibt uns eigentlich weiter nichts an als das Absorptionsvermögen des Bodens für Kalk, wir finden also dadurch diejenigen Kalkmengen, die der Boden unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen infolge seiner Kolloidwirkungen zu absorbieren vermag. Bestimmung der Größe des Säuregehaltes des Bodens oder der Sphagnen und deren Absorption sind hier identische Begriffe und ist letzterer Ausdruck in Anwendung zu bringen, weil dadurch angedeutet wird, daß eine Stoffabsorption stattfindet. Es fällt außerhalb des Rahmens vorliegender Arbeit darzutun, inwiefern Kolloidreaktionen durch die Sphagnen überhaupt möglich sind, worin diese bestehen und wie sich solche von wahren Säurewirkungen unterscheiden. Auf diese Fragen geben Baumann und Gully in der zitierten Arbeit exakte Aufschlüsse und Antworten und soll hier nur ein kurzer Überblick darüber gegeben werden, wie sich Säure- bezw. Absorptionswirkungen bei den Torfmoosen anzeigen, wie die „sogenannte" Säure derselben verschiedenerseits zu bestimmen versucht wurde, wie dies durch den Referenten geschah und welche Berechnung der Absorptionsgröße zugrunde liegt.

Pressen wir blaues Lackmuspapier an feuchte Sphagnen, so nimmt dasselbe alsbald eine rote Farbe an. Werden Sphagnenpflänzchen in einem Becherglas mit destilliertem Wasser übergossen, fügt man demselben unter Zusatz von Phenolphthaleïn als Indikator einige Tropfen $^1/_{10}$ Normallauge zu und rührt durch, so verschwindet innerhalb einiger Sekunden die anfängliche Rotfärbung der wässerigen

[1]) A. Baumann und E. Gully, Die freien Humussäuren des Hochmoores, ihre Natur, ihre Beziehungen zu den Sphagnen und zur Pflanzenernährung. Mitt. d. K. B. Moorkulturanstalt, 4. Heft, S. 31—156, Stuttgart 1910.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Flüssigkeit und diese wird farblos. Das sind Anzeichen einer Säurewirkung und infolgedessen vermutete man in den Torfmoosen einen größeren Gehalt an freien Säuren.

Nach Graf zu Leiningen[1]) werden die Sphagnen dem Walde nicht allein durch Vernässung des Bodens und durch ihre die Holzarten „erstickenden" Eigenschaften schädlich, sondern auch durch ihre stark saure Reaktion. Derselbe machte darauf aufmerksam, daß der Säuregehalt der Sphagnen auch im lebenden Zustande ein ganz erheblicher ist und suchte sich ein annäherndes Bild über deren Säuregehalt zu verschaffen. Er stellte denselben an verschiedenen Torfmoosen durch Titration mit $^1/_{10}$ Normallauge fest und fand, daß die obersten, etwa 5 cm langen Teile der Sphagnen für je 10 Stämmchen zur Neutralisation 1,3—2 ccm Lauge verbrauchten.

Bisher sprach man immer von dem hohen Säuregehalt des Sphagnumtorfes und schrieb denselben in erster Linie den freien Humussäuren zu, die bei dem Vertorfungsprozeß entstehen sollen und infolge der Armut des Hochmoorbodens an basischen Stoffen nicht gebunden werden können. Da aber bereits die lebenden Sphagnen stark sauer reagieren, obwohl bei ihnen keine Zersetzung stattgefunden hat und sich noch keine freie Humussäure gebildet haben kann, führen Zailer und Wilk[2]) ihre saure Reaktion allein auf deren Gehalt an freien organischen Säuren zurück. Zailer und Wilk titrierten die Filtrate ausgewässerter Sphagnen und brauchten auf 1 g Trockensubstanz durchschnittlich 2,02 ccm $^1/_{10}$ Normalnatronlauge.

Nach dieser Methode läßt sich nicht einmal mit Exaktheit der wasserlösliche Anteil der sogenannten Sphagnensäure, geschweige denn der Gesamtsäuregehalt der Torfmoose bestimmen, weshalb der Verfasser vorliegender Arbeit dies Ziel auf andere Art zu erreichen hoffte. Derselbe brachte eine abgewogene Menge frischer Sphagnen (10 g) in ein Erlenmeyerkölbchen von 100 ccm Inhalt, goß darauf 70 ccm ausgekochtes destilliertes Wasser, setzte 2—3 Tropfen Phenolphthaleïn und dann ein gewisses Volumen (5,0 ccm) $^1/_4$ Normalnatronlauge hinzu, verschloß das Gefäß mit einem Gummistopfen, ließ dasselbe unter öfterem Umschütteln (ca. alle 10 Minuten) zwei Stunden stehen und titrierte hierauf die überschüssige Natronlauge im Gefäß selbst unter Verwendung von $^1/_8$ Normalschwefelsäure zurück. Die Vorteile, die diese sogenannte Säurebestimmungsmethode bietet, liegen darin, daß dieselbe die Fehlerquellen der bisher üblichen ausschließt (Neutralisation der NaOH durch die CO_2 der Luft usw.), und daß sie die direkte Bestimmung der vermeintlichen Gesamtazidität der Sphagnen zuläßt. Die ersten Titrationsversuche des Referenten verfolgten den Zweck der Säuregehaltsbestimmung der Torfmoose und nicht den der Feststellung des Absorptionsvermögens derselben für basische Substanzen. Erst spätere gemeinsam mit Prof. Dr. Baumann ausgeführte Untersuchungen brachten uns zur Überzeugung, daß die Säurereaktionen der

[1]) Graf zu Leiningen, Die Waldvegetation praealpiner bayerischer Moore, insbesondere die südlichen Chiemseemoore. Naturw. Zeitschr. für Forst- und Landwirtschaft 1907, V., S. 139.

[2]) Zailer und Wilk, Über den Einfluß der Pflanzenkonstituenten auf die physik. und chem. Eigenschaften des Torfes. Zeitschr. für Moorkultur und Torfverwertung 1907, V., S. 223.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Sphagnen keine wahren Säurewirkungen sind, sondern daß sie auf die Oberflächenspannungen der Zellhaut der hyalinen Sphagnenzellen zurückgeführt werden müssen, zufolge welchen sie die Basen auf der Zellhaut verdichten d. h. der zugesetzten Lauge entnehmen und damit der Titration entziehen. Infolge dieser neuen Auffassung über die Ursachen der sauren Eigenschaften der Torfmoose ergab sich die Notwendigkeit der nochmaligen Feststellung des scheinbaren Azidität sgrades der Sphagnen d. h. der Bestimmung deren Absorptionsgröße für Basen unter Beobachtung ganz bestimmter Versuchsbedingungen (Größe der Einwage, der Konzentration der Absorptionsflüssigkeit, Gesamtvolumen usw.), wodurch erst gut vergleichbare und konstante Werte erhalten wurden. Trotzdem sollen auch die anfänglich ermittelten Titrationswerte im nachfolgenden Aufnahme finden, da bereits die weniger genauen Zahlenreihen den großen Wechsel im Absorptionsvermögen der Sphagnen erkennen lassen und auf gewisse Eigentümlichkeiten in demselben für die einzelnen Torfmoosgruppen hinweisen. Sie erlangen auch insofern eine erhöhte Beachtung, als verschiedenen Sphagnenpolstern ein und desselben Moorgebietes jeweils sechs Proben eines Torfmooses entnommen wurden, die ermittelten Zahlenwerte sonach ein verläßliches Bild geben von den möglichen Schwankungen des Absorptionsvermögens der Sphagnen für Basen bei gleichem Standorte. Die Titrationsbestimmungen wurden bei allen Proben in der bereits angeführten Weise durchgeführt; auf den Trockensubstanzgehalt derselben wurde also keine Rücksicht genommen. Bei diesen Versuchen war die Eigentümlichkeit, daß größere Mengen Sphagnen (Kolloide) verhältnismäßig weniger Basen aus Laugen und Salzen absorbieren als kleinere noch nicht bekannt und da der Gehalt der Torfmoose verschiedenen Standortes an wasserfreier Substanz selbstredend ein veränderlicher ist, mußten sich notwendigerweise größere Differenzen in deren Basenabsorptionsvermögen ergeben. Die späteren Absorptionsbestimmungen kamen nicht an frischer, sondern an lufttrockener Pflanzensubstanz zur Durchführung und zwar wurden hierzu je 2 g Sphagnen von ca. 85% Trockensubstanz verwandt, wodurch die Fehler, welche durch die verschiedene Einwage hervorgerufen werden, auf ein zu vernachlässigendes Minimum heruntergehen. Des weiteren wurde dabei der Laugezusatz überall so hoch bemessen, daß bei allen Versuchen nach der Basenabsorption, die nach Ablauf von zwei Stunden als beendet betrachtet wurde, ein annähernd gleich großer Laugeüberschuß von ca. 0,50 ccm $^1/_4$ Normallauge übrigblieb, die Konzentration der Lösung nach Ablauf der Versuchsanstellung also stets fast die gleiche war. Wieviel Lauge den einzelnen Proben zuzusetzen war, richtete sich nach dem vorher ermittelten Absorptionswert der Sphagnen für Natron oder Kalk aus neutralisierten Lösungen (Phenolphthaleïn) von 25%igem essigsauren Natrium oder 10%igem essigsauren Kalk. Versuche haben nämlich erwiesen, daß die Torfmoose aus obigen Lösungen äquivalente Mengen Natron und Kalk absorbieren, wobei dieselben Säurequantitäten frei werden. Aus genannten Salzlösungen absorbieren die Sphagnen die größten Natron- und Kalkmengen, welche sie überhaupt Salzlösungen von verschiedenem Konzentrationsgrade entziehen können, und zwar absorbieren sie daraus die Basen in den gleichen Mengenverhältnissen wie verdünnte Natronlaugelösungen, welche nur wenig überflüssiges freies Alkali enthalten. Zur Feststellung des Basen-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

absorptionsvermögens der Torfmoose kann man sich dreier Methoden bedienen, die die gleichen Resultate ergeben. Das Ausziehen der Sphagnen mit 10%iger Calciumazetatlösung bietet aber gewisse Vorteile (farblosere Lösungen und leichtere Titration), weshalb die Bestimmung des Basenabsorptionsvermögens nach dieser Methode besonders zu empfehlen ist. Nach derselben werden 3 g gut lufttrockene Sphagnen in ein Erlenmeyerkölbchen von ca. 250—300 ccm Inhalt gebracht, mit 200 ccm neutralisierter (Phenolphthaleïn) 10%iger Calciumazetatlösung versetzt und unter öfterem Umschütteln (ca. alle 10 Minuten) 3 Stunden stehen gelassen. Nach dieser Zeit wird der Erlenmeyerkölbcheninhalt durch ein Faltenfilter abfiltriert und in 100 ccm des Filtrates die durch die Kalkabsorption der Sphagnen freigewordene Essigsäure durch Titration mit $^1/_4$ Normalnatronlauge bestimmt.

Der Übersichtlichkeit und Einheitlichkeit wegen wurde die den Lösungen entzogene Base auf Wasserstoff umgerechnet, gleichviel nach welcher der möglichen Methoden die Bestimmung der Absorptionsgröße der Sphagnen für Basen erfolgte. Aus den Wasserstoffzahlen lassen sich leicht diejenigen Basenmengen berechnen, welche 100 g wasserfreie Torfmoose den betreffenden Salzlösungen entziehen bezw. welche Säuremengen hierdurch frei werden, was zu erfahren in gewissen Fällen — wie z. B. bei der Düngung mit Kalisalzen — von großer Bedeutung sein kann.

1. Hochmoorsphagnen.

Zu den ersten Absorptionsbestimmungen der Sphagnen wurde das erforderliche Material typischen Hochmoorpartien (Kühwampen) des südlichen Chiemseemoores, Waldvegetation tragenden Partien (Förchensee- und Weitmooswald) desselben Moores, dem Moore am Bärensee bei Aschau und dem am Förchensee bei Bernau entnommen. Für die späteren exakteren Versuche zur Festsetzung der Absorptionsgröße der Torfmoose für basische Stoffe diente Material, das auch zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Sphagnenspezies Verwendung fand.

Das Verfahren, welches bei den Basenabsorptionsbestimmungen angewandt wurde, findet sich auf Seite 56 angegeben. Nach demselben erreichte das Absorptionsvermögen der einzelnen Sphagnenproben für Natron — angegeben in Prozenten Wasserstoff für wasserfreie Substanz — die in nachverzeichneten Tabellen angeführten Werte.

In nachstehender Tabelle haben nicht nur die auf Hochmoor gesammelten Torfmoose Aufnahme gefunden, sondern sämtliche seinerzeit auf den „sogenannten" Säuregehalt untersuchten Sphagnenproben der verschiedenen Moorformen. Wir hofften durch obige Versuche zu erfahren, ob die einzelnen Sphagnengruppen einen verschieden hohen Säuregehalt führen und haben dadurch im großen und ganzen den verfolgten Zweck erreicht. Wenn sich auch keine besonders guten Übereinstimmungen im Absorptionsvermögen der Torfmoose für Natron bei den einzelnen Sphagnen unter sich ergaben, so läßt sich doch konstatieren, daß die Torfmoose des Hochmoors stets erheblich mehr freie Basen aus einer sehr verdünnten Natronlauge absorbieren als die der Wald- oder Wiesenmoore. Ja die an Sphagnum acutifolium von Hoch- und Waldmoor ausgeführten Titrationen lassen vermuten,

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Art	Standort	(frische Sphagnen) Einwage in g	Zugesetzte 1/4 Normal-Natronlauge in ccm	Lebende Sphagnen: Die Alkalimenge, welche 100 g wasserfreie Sphagnen aus einer im schwachen Überschuß zugesetzten Natronlauge zu absorbieren vermögen, entspricht wieviel Wasserstoff in g							Abgestorbene Sphagnen: Die Alkalimenge, welche 100 g wasserfreie Sphagnen aus einer im schwachen Überschuß zugesetzten Natronlauge zu absorbieren vermögen, entspricht wieviel Wasserstoff in g						
				Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5	Probe 6	Mittel 1/6	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5	Probe 6	Mittel 1/6
rubellum	Kühwampen	10,5	5,0	0,1028	0,1243	0,1433	0,1022	0,1176	0,1277	0,1197	0,1016	0,1118	0,1040	0,1043	0,1186	0,1414	0,1136
medium	„	„	„	0,1198	0,0985	0,0895	0,1079	0,0820	0,1277	0,1043	0,1359	0,1206	0,1050	0,1261	0,0747	0,1248	0,1145
papillosum	„	„	„	0,0723	0,1089	0,1162	0,1072	0,0922	0,1105	0,1012	0,0965	0,1238	0,1109	0,1108	0,1159	0,1285	0,1144
molluscum	„	„	„	0,0948	0,0917	0,1015	0,1059	0,0970	0,0945	0,0976	0,1150	0,0975	0,0898	0,1167	0,0836	0,0966	0,0999
fuscum	„	„	„	0,1073	0,0913	0,0916	0,0972	0,0853	0,1025	0,0960	0,0950	0,0979	0,0990	0,1015	0,0927	0,1093	0,0992
cuspidatum	„	„	„	0,0916	0,0897	0,0921	0,1007	0,0879	0,0924	0,0924	0,1047	0,1121	0,1050	0,1164	0,1200	0,1096	0,1113
acutifolium	„	„	„	0,0796	0,0773	0,0952	0,0951	0,0920	0,0978	0,0895	0,0882	0,1028	0,1078	0,0970	0,1050	0,0935	0,0990
Gesamtmittelwert für die Hochmoorsphagnen:										0,1001							0,1074
cymbifolium	Förchenseewald	10,0	5,0	0,0712	0,0809	0,0822	0,0798	0,1039	0,0995	0,0863	0,0838	0,0962	0,1012	0,0986	0,1019	0,1107	0,0987
parvifolium	Weitmooswald	„	„	0,0705	0,0730	0,0748	0,0773	0,0724	0,0753	0,0740	0,0970	0,0996	0,0984	0,1044	0,0997	0,0975	0,0994
acutifolium	Förchenseewald	„	„	0,0884	0,0674	0,0726	0,0810	0,0979	0,0905	0,0830	0,0938	0,0811	0,0880	0,1060	0,1126	0,1120	0,0989
Girgensohnii	Weitmooswald	„	„	0,0837	0,0854	0,0757	0,0788	0,0732	0,0773	0,0790	0,0830	0,0870	0,0783	0,0766	0,0785	0,0852	0,0814
recurvum	Förchenseewald	„	„	0,0799	0,0645	0,0814	0,0806	0,0730	0,0754	0,0858	0,1058	0,0969	0,1000	0,0870	0,0653	0,0800	0,0891
Gesamtmittelwert für die Waldmoorsphagnen:										0,0796							0,0935
teres	Bärensee	10,0	5,0	0,0975	0,1000	0,1023	0,1013	0,1045	0,1078	0,1022	0,0682	0,0753	0,0747	0,0782	0,0865	0,0821	0,0775
contortum	„	„	„	0,0878	0,0748	0,0780	0,0832	0,0810	0,0833	0,0813	0,0518	0,0570	0,0582	0,0530	0,0603	0,0520	0,0554
platyphyllum	Förchensee	„	„	0,0523	0,0501	0,0553	0,0473	0,0738	0,0798	0,0600	0,0740	0,0824	0,0809	0,0755	0,0826	0,0967	0,0820
Gesamtmittelwert für die Wiesenmoorsphagnen:										0,0811							0,0716

UB Berlin
Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin
DFG

daß das Absorptionsvermögen dieser Pflanzen für Basen von ihrem Standorte abhängt, denn das Sphagnum acutifolium des Hochmoores nimmt aus der Natronlauge um 7,3 % mehr Alkali auf als das des Waldmoores. Zugleich geht aus den Versuchen hervor, daß das Basenabsorptionsvermögen der abgestorbenen Sphagnen gegenüber den lebenden ungeschwächt ist, daß also die abgestorbenen Pflanzenteile einen ebenso hohen „sogenannten" Säuregehalt aufweisen wie die lebenden, was darauf hindeutet, daß wir es hier mit keinen freien (löslichen) Säuren zu tun haben, da sonst infolge des Auslaugungsprozesses auch Säureverluste zu verzeichnen wären. Die merklich größeren Absorptionswerte der abgestorbenen Pflanzenteile sind wahrscheinlich zum Teil durch Übertitration hervorgerufen worden, denn bei denselben ist infolge der dunklen Färbung des Filtrates keine so scharfe Titration möglich wie bei den lebenden Torfmoosen. Aber nicht alle abgestorbenen Torfmoose weisen höhere Absorptionswerte auf. So wurden für die abgestorbenen Teile von Sphagnum teres und Sphagnum contortum wesentlich niedrigere Absorptionswerte gefunden als für deren lebenden Pflanzenteile, woraus zu entnehmen ist, daß dieselben nicht allein vom Standorte abhängig sind, sondern daß noch andere Faktoren hierauf einwirken müssen. Als Referent noch einen Säuregehalt der Torfmoose vermutete, erklärte er sich die verschiedenen Absorptionswerte der lebenden und abgestorbenen Teile dadurch, daß er annahm, die Sphagnen enthielten verschiedenartige Säuren, von welchen ein gewisser Teil verloren geht oder durch vorhandene Basen gebunden wird, sobald Torfmossteile absterben. Nach den jetzigen Anschauungen werden aber dieselben durch ihre von einander abweichende chemische Zusammensetzung bedingt, was später des näheren erörtert wird.

Die neuesten Forschungen über die freien Humussäuren lassen mit Sicherheit erkennen, daß der Sphagnumtorf weder freie Humussäuren noch anderweitige freie Säuren enthält, daß vielmehr die sauren Eigenschaften des Sphagnumtorfes durch die Kolloidsubstanzen (Hyalinzellen) der vertorften Sphagnen hervorgerufen werden, wie solche schon in unverminderter Stärke bei den lebenden und abgestorbenen Sphagnen zu beobachten sind. Da bei der Feststellung von Kolloidwirkungen ganz bestimmte Versuchsbedingungen eingehalten werden müssen, was bei wahren Säurebestimmungen unterbleiben kann, so wurde das Absorptionsvermögen der Sphagnen nachgeprüft bezw. für verschiedene Basen (CaO und Na_2O) neu festgesetzt. Verschieden konzentrierten Laugen oder Salzlösungen entnehmen die Torfmoose veränderliche Mengen Basen und sollen hier nicht deren einzelne Absorptionsgrößen für diese angeführt werden, sondern bloß die höchsten. Wie bereits erwähnt, entziehen die Sphagnen 10%igen Calciumazetat- und 25%igen Natriumazetatlösungen am meisten Basen und zwar stehen die absorbierten Mengen Kalk und Natron im äquivalenten Verhältnis zu ihren Molekulargewichten. Zu denselben Absorptionsgrößen gelangt man, wenn die Sphagnen mit Natronlaugelösungen ausgeschüttelt werden, die etwas mehr freies Alkali enthalten als ihrer Absorptionsgröße für Basen aus vorgenannten Salzlösungen entspricht. Nach den drei verschiedenen Methoden kamen von sämtlichen chemisch analysierten Sphagnenproben deren Absorptionswerte für Basen zur Bestimmung und finden sich die für die Hochmoortorfmoose verschiedenen Standortes erhaltenen Resultate in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Analysen-Nr.	Sphagnenart	Standort	Lebende Sphagnen: Die von 100 g wasserfr. Sphagnen aus den Salzlösungen bezw. Natronlaugelösung absorbierte Base entspricht wieviel Wasserstoff in g			Abgestorbene Sphagnen: Die von 100 g wasserfr. Sphagnen aus den Salzlösungen bezw. Natronlaugelösung absorbierte Base entspricht wieviel Wasserstoff in g		
			10%ige Calciumazetatlösung	25%ige Natriumazetatlösung	Natronlaugelösung mit ca. je 0,5 ccm 1/4 n/NaOH-Überschuß	10%ige Calciumazetatlösung	25%ige Natriumazetatlösung	Natronlaugelösung mit ca. je 0,5 ccm 1/4 n/NaOH-Überschuß
77/78	fuscum	südl. Chiemseemoor	0,1176	0,1176	0,1176	0,1226	0,1226	0,1226
77/80	acutifolium H	„ „	0,1074	0,1079	0,1079	0,1077	0,1098	0,1098
61/62	rubellum	„ „	0,0995	0,0995	0,0995	0,1027	0,1032	0,1032
63/64	medium	„ „	0,0946	0,0946	0,0946	0,1018	0,1023	0,1023
65/66	papillosum	„ „	0,0870	0,0876	0,0876	0,0940	0,0950	0,0950
75/76	molluscum	„ „	0,0751	0,0756	0,0756	0,0789	0,0784	0,0784
59/60	cuspidatum	„ „	0,0721	0,0732	0,0732	0,0820	0,0825	0,0825
Mittelwerte f. die Sphag. vom südl. Chiemseemoor			0,0933	0,0937	0,0937	0,0986	0,0991	0,0991
108/109	fuscum	Waizern-Hopferau			0,1115			0,1212
96/97	„	Hopfensee			0,1176			0,1201
77/78	„	südl. Chiemseemoor			0,1176			0,1226
Mittelwerte f. Sphagn. fuscum versch. Standortes					0,1156			0,1213
63/64	medium	südl. Chiemseemoor			0,0946			0,1023
98/99	„	Hopfensee			0,1050			0,1049
Mittelwerte f. Sphag. medium versch. Standortes					0,0998			0,1036
59/60	cuspidatum	südl. Chiemseemoor			0,0732			0,0825
110/111	„	Waizern-Hopferau			0,0744			0,0815
100/101	„	Hopfensee			0,0757			0,0810
Mittelwerte f. Sphag. cuspidatum versch. Standort.					0,0744			0,0817
79/80	acutifolium H	f. Chiemseem. Hochm.	0,1074	0,1079	0,1079	0,1077	0,1098	0,1098
67/68	„ W	„ Waldm.	0,0843	0,0843	0,0843	0,0923	0,0928	0,0928
Mittelwerte f. Sphag. acutifolium versch. Standort.					0,0961			0,1010

Die Differenzen in der Absorptionsgröße der Sphagnen für Basen fallen nach den drei angegebenen Bestimmungsmethoden recht geringfügig aus. Die Filtrate der lebenden Torfmoose sind durchweg nahezu farblos, während die der abgestorbenen eine hellgelbe bis gelbe Färbung zeigen. Bei Vermeidung eines größeren Laugenüberschusses erhält man sonach für die mit Natronlauge durchgeführten Versuche gut titrierbare Filtrate, was bei Gegenwart eines stärkeren Laugenüberschusses nicht der Fall ist, indem alsdann zum mindesten die Filtrate der abgestorbenen Sphagnen eine die Titration beeinträchtigende dunklere Färbung annehmen.

Unter den sieben Torfmoosen des südlichen Chiemseemoores weist das Sphagnum fuscum den größten und das Sphagnum cuspidatum den kleinsten Absorptionskoeffizienten für Basen auf, und zwar stellt sich derselbe für letzteres Torfmoos um 37,7% niedriger als für ersteres. Hieraus ergibt sich, daß schon die Sphagnen ein und derselben Gruppe ein wechselndes Absorptionvermögen für Basen zeigen und somit wäre die Frage zu beantworten, ob dasselbe für die einzelnen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Torfmoose ein konstantes ist oder ob es für dieselben je nach dem Standorte wechselt und wodurch alsdann ein solcher Wechsel im Absorptionsvermögen hervorgerufen wird.

Vergleichen wir die Absorptionswerte *ein und desselben Torfmooses* verschiedener Hochmoore untereinander, so hat es den Anschein, als ob der Wechsel im Standort nur unbedeutende Schwankungen in denselben bedingt. Es betragen die größten Differenzen im Basenabsorptionskoeffizienten der Hochmoorsphagnen verschiedenen Standortes für Sphagnum fuscum im Maximum 2,1%, für Sphagnum medium 9,9% und für Sphagnum cuspidatum 3,3% und im Mittel bloß 0,6 bezw. 5,2 und 1,6%. Ganz anders fallen diese Unterschiede aus, wenn die Torfmoosproben auf von einander abweichenden Moorformen gewachsen waren, wie dies ja öfters vorkommen kann. So stellt sich der Basenabsorptionswert für das auf typischen Hochmoorpartien des südlichen Chiemseemoores gestandene Sphagnum acutifolium auf 0,1079% Wasserstoff, während der desselben Torfmooses, das auf Waldvegetation tragenden Flächen des gleichen Moores gewachsen war, nur 0,0843% beträgt, sonach sich um 21,9% niedriger berechnet als der des ersteren. Aus früheren Erörterungen war zu entnehmen, daß der Standort in verschiedener Weise auf den Nährstoffgehalt der Torfmoose einwirkt, daß sich aber hierbei für die auf verschiedenen Hochmooren gewachsenen Sphagnen verhältnismäßig geringe Unterschiede ergeben haben. Der Grund hierfür wurde darin gefunden, daß der Gehalt der typischen Hochmoore an löslichen Nährstoffen in der Regel ein minimaler ist und ihren prozentischen Nährstoffgehalten nebensächliche Bedeutung zukommt. Nun ist es der größere oder kleinere Gehalt der Sphagnen an Nährstoffen, welcher auf deren Absorptionsvermögen für basische Stoffe einwirkt, und da ein und dasselbe Sphagnum der verschiedenen Hochmoore nur unerhebliche Differenzen in der chemischen Zusammensetzung aufweist, so können auch deren Absorptionswerte keine beträchtlichen Schwankungen erleiden. Solche sind aber in erhöhtem Maße nachweisbar, sobald die Torfmoose von verschiedenen Moorformen herrühren, denn diese haben stets von einander abweichende Nährstoffgehalte. Wir brauchen aber nicht einmal diese extremen Standortsverhältnisse für einen Wechsel in der Basenabsorptionsgröße der Sphagnen vorauszusetzen, denn es zeigen schon die verschiedenen Sphagnenspezies der Hochmoortorfmoose ein und desselben Moores unter sich solchen. Wird nämlich die Absorptionsgröße des Sphagnum fuscum vom südlichen Chiemseemoor gleich 100 gesetzt, so stellen sich die der anderen Torfmoose desselben Moores wie folgt: Sphagnum acutifolium H. 90,2, Sphagnum rubellum 84,6, Sphagnum medium 80,4, Sphagnum papillosum 74,5, Sphagnum molluscum 64,3 und Sphagnum cuspidatum 62,3. In dem Basenabsorptionsvermögen der *einzelnen Sphagnenspezies* von ein und demselben Moor ergeben sich sonach recht beträchtliche Unterschiede, die indirekt doch wieder auf deren verschiedene Standortsverhältnisse zurückführen. Bekanntlich treten die einen Torfmoose mit Vorliebe in den Schlenken und die andern auf den Bülten der Hochmoore auf, wodurch ihre chemische Zusammensetzung beeinflußt wird. Die in den Schlenken lebenden Torfmoose führen etwas mehr Nährstoffe als die auf den Bülten wachsenden, und da sich die Nährstoffgehaltsunterschiede der Sphagnen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

relativ stärker in deren Absorptionszahlen für Basen kundtun, so fällt die Basenabsorptionsgröße der ersteren gegenüber der der letzteren ziemlich stark, was in den vorangeführten Verhältniszahlen scharf zum Ausdruck kommt. Der Beweis dafür, daß das Absorptionsvermögen der Sphagnen für basische Stoffe von derem Gehalt an Nährstoffen abhängt, wird im nächsten Kapitel gegeben und braucht bloß noch hervorgehoben zu werden, daß analog den geringen Nährstoffgehalten der Hochmoorsphagnen sich deren Basenabsorptionswert hochstellt, daß derselbe für die lebenden Torfmoose des Chiemseehochmoores im Mittel zu 0,0937 % Wasserstoff gefunden wurde und für die abgestorbenen zu 0,0991 %.

2. Waldmoorsphagnen.

Das Untersuchungsmaterial war bei den Waldmoorsphagnen, für welche der Basenabsorptionskoeffizient mittels 10 %iger Calciumazetatlösung, 25 %iger Natriumazetatlösung und verdünnter in schwachem Überschuß vorhandener Natronlaugelösung zur Ermittlung kam, dasselbe wie dasjenige, das zur Feststellung ihrer Nährstoffgehalte diente. Die Versuchsproben von Sphagnum cymbifolium, acutifolium und recurvum entstammen dem Förchensee-Moorwald und die von Sphagnum parvifolium und Girgensohnii dem Weitmoos-Moorwald. Bei allen Torfmoosproben wurde das Basenabsorptionsvermögen nach den bekannten drei Methoden bestimmt und wie folgt gefunden:

			Lebende Sphagnen			Abgestorbene Sphagnen		
			Die von 100 g wasserfr. Sphagnen aus Salzlösungen bezw. Natronlaugelösung absorbierte Base entspricht wieviel Wasserstoff in g					
Analysen Nr.	Sphagnenart	Standort	10 %ige Calciumazetatlösung	25 %ige Natriumazetatlösung	Natronlaugelösung mit ca. je 0,5 ccm 1/10 n. NaOH-Überschuß	10 %ige Calciumazetatlösung	25 %ige Natriumazetatlösung	Natronlaugelösung mit ca. je 0,5 ccm 1/10 n. NaOH-Überschuß
71/72	cymbifolium	Förchensee-Moorwald	0,0871	0,0920	0,0920	0,0887	0,0904	0,090
85/86	parvifolium	Weitmoos- „	0,0844	0,0844	0,0844	0,0868	0,0873	0,087
67/68	acutifolium W.	Förchensee- „	0,0843	0,0843	0,0843	0,0923	0,0928	0,092
83/84	Girgensohnii	Weitmoos- „	0,0718	0,0718	0,0718	0,0708	0,0705	0,070
69/70	recurvum	Förchensee- „	0,0700	0,0705	0,0705	0,0744	0,0744	0,074
Mittelwerte f. die Waldmoorsphagnen			0,0795	0,0806	0,0806	0,0826	0,0831	0,083

Auch bei den Waldmoorsphagnen stimmen die nach den verschiedenen Methoden erhaltenen Absorptionswerte für Basen gut überein und auch bei dieser Sphagnengruppe wurden dieselben für die lebenden Torfmoose etwas niedriger gefunden als für die abgestorbenen. Die abgestorbenen Hochmoorsphagnen zeigen ein Basenabsorptionsvermögen, das sich im Mittel um 5,5 % höher stellt als das der lebenden und das der abgestorbenen Waldmoorsphagnen errechnet sich im Mittel um 3,3 % höher wie das ihrer lebenden Pflanzenteile. Die abgestorbenen Torfmoose der Waldmoore liefern etwas stärker gefärbte Titrationsfiltrate wie die der Hochmoore und infolgedessen findet bei ersteren leichter eine Übertitration statt als bei letzteren. Somit müßten die Absorptionswerte der abgestorbenen Sphagnen der Waldmoore für Basen gegenüber den lebenden eher prozentisch höher aus-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

fallen als dies bei den abgestorbenen Torfmoosen der Hochmoore gegenüber den lebenden der Fall ist. Nun trifft in Wirklichkeit das Umgekehrte zu und zwar deswegen, weil die Nährstoffverluste der abgestorbenen Waldmoorsphagnen gegenüber den Nährstoffgehalten der lebenden relativ kleiner sind als die der abgestorbenen Hochmoortorfmoose gegenüber denen der lebenden.

Der Basenabsorptionskoeffizient der Waldmoorsphagnen bewegt sich zwischen 0,0920—0,0705 % Wasserstoff. Das an trockenen Stellen vorkommende Sphagnum cymbifolium weist den höchsten und das mit Vorliebe im Wasser flutende Sphagnum recurvum den niedrigsten Wert auf. Ziemlich hoch stellen sich auch die Basenabsorptionswerte für die Sphagna parvifolium und acutifolium und entspricht dies durchaus ihrem Vorkommen. Ersteres Torfmoos tritt vorzugsweise in den Randzonen des Moorwaldes auf, während letzteres seinen eigentlichen Standort im Hochmoor selbst hat. Demgemäß haben diese beide Sphagnenarten auch dasselbe Absorptionsvermögen für Basen. Anders verhält es sich mit dem Sphagnum Girgensohnii, welches an nährstoffreicheren Waldstellen vegetiert und dessen Absorptionsziffer sich daher stark der des Sphagnum recurvum nähert.

Im Absorptionsvermögen der Hochmoorsphagnen für Basen ergaben sich Schwankungen bis zu 0,0444 % Wasserstoff und bei den Torfmoosen der Waldmoore betragen diese bis zu 0,0215 %. Die einzelnen Sphagnen der Waldmoore zeigen demnach konstantere Absorptionswerte als die der Hochmoore. Wird der Absorptionskoeffizient des Sphagnum cymbifolium für Basen zu 100 angenommen und rechnen wir die Absorptionszahl der andern Torfmoose hierauf um, so erhalten wir für dieselben folgende Werte: Sphagnum parvifolium 90,6, Sphagnum acutifolium W 90,5, Sphagnum Girgensohnii 78,0 und Sphagnum recurvum 76,6 %. Gegenüber dem Sphagnum cymbifolium vermögen Sphagnum parvifolium um 9,4 %, Sphagnum acutifolium um 9,5 %, Sphagnum Girgensohnii um 22,0 % und Sphagnum recurvum um 23,4 % weniger Basen auf ihren Hyalinzellen zu verdichten und bei Vergleich ihrer Nährstoffgehalte ergibt sich, daß die Torfmoose mit dem höchsten Basenabsorptionsvermögen den kleinsten und die mit dem niedrigsten Absorptionsvermögen für Basen den größten Nährstoffgehalt aufweisen. Also auch bei dieser Sphagnengruppe zeigt es sich, daß die chemische Zusammensetzung der Torfmoose deren Basenabsorptionsgröße beeinflußt und daß diese somit indirekt von den Standortsverhältnissen derselben abhängt. Der Basenabsorptionswert der lebenden und abgestorbenen Waldmoorsphagnen errechnet sich zu 0,0806 bezw. zu 0,0830 % Wasserstoff, stellt sich sonach um 14,1 bezw. um 16,3 % niedriger wie der der entsprechenden Pflanzenteile der Hochmoortorfmoose.

3. Wiesenmoorsphagnen.

Bei sämtlichen chemisch untersuchten Wiesenmoorsphagnen wurde das Absorptionsvermögen derselben für Basen ermittelt; bei einigen Proben geschah dies nur nach der Natriumazetatmethode, bei den anderen aber nach allen drei möglichen Bestimmungsmethoden. Zu den diesbezüglichen Absorptionsversuchen gelangten also zur Verwendung Sphagnum teres und contortum vom Moor am Bären-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

see bei Aschau, Sphagnum contortum und platyphyllum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau und Sphagnum platyphyllum vom Moor am Förchensee bei Bernau. Es zeichnen sich gerade die Wiesenmoore durch sehr wechselnde Nährstoffgehalte aus; ferner sind bei ihnen Nährstoffzufuhren durch zeitweise auftretendes Überschwemmungswasser möglich, infolgedessen müssen die Wiesenmoorsphagnen in der Regel eine stark voneinander abweichende chemische Zusammensetzung und sonach auch eine sehr schwankende Absorptionsgröße für Basen aufweisen. Wenn nun der Basenabsorptionswert der Sphagnen von dem Nährstoffgehalt und den Standortsverhältnissen derselben bedingt wird, so muß sich dies bei den Torfmoosen der Wiesenmoore am besten zu erkennen geben, und aus diesem Grunde wurden ein und dieselben Wiesenmoorsphagnen verschiedenen Mooren entnommen. Inwieweit dies zutrifft und welche Schwankungen hierbei eintreten können, geht aus nachstehender Tabelle hervor.

Lebende Sphagnen			Die von 100 g wasserfr. Sphagnen aus den Salzlösungen bezw. Natronlaugelösung absorbierte Base entspricht wieviel Wasserstoff in g			Abgestorbene Sphagnen		
Analysen Nr.	Sphagnenart	Standort	10%-ige Calcium-azetatlösung	25%-ige Natrium-azetatlösung	Natronlaugelösung mit ca. je 0,5 ccm 1/4 n/NaOH-Überschuß	10%-ige Calcium-azetatlösung	25%-ige Natrium-azetatlösung	Natronlaugelösung mit ca. je 0,5 ccm 1/4 n/NaOH-Überschuß
89/90	teres	Bärensee	0,0757	0,0757	0,0757	0,0380	0,0325	0,0325
87/88	contortum	„	0,0529	0,0523	0,0523	0,0175	0,0170	0,0170
87/82	platyphyllum	Förchensee	0,0271	0,0266	0,0266	0,0311	0,0302	0,0302
Mittelwert für die bei Bernau gesammelten Wiesenmoorsphagnen			0,0529	0,0512	0,0515	0,0272	0,0266	0,0266
112/113	contortum	Waizern-Hopferau		0,0115			0,0134	
87/88	contortum	Bärensee		0,0523			0,0170	
Mittelwert f. Sphagn. contortum versch. Standortes				0,0319			0,0152	
114/115	platyphyllum	Waizern-Hopferau		0,0353			0,0440	
81/82	platyphyllum	Förchensee		0,0266			0,0302	
Mittelwert f. Sph. platyphyllum versch. Standortes				0,0309			0,0371	
							0,0274	
Gesamt-Mittelwert für die Wiesenmoorsphagnen				0,0380			0,263	

Im Gegensatz zu den Beobachtungen bei den Hochmoor- und Waldmoorsphagnen waren die Titrationsfiltrate der lebenden Wiesenmoorsphagnen eigentümlicherweise stärker gefärbt als die der abgestorbenen. Dies mag darin begründet sein, daß die abgestorbenen Wiesenmoortorfmoose bedeutend mehr Kalk führen wie die lebenden und der höhere Kalkgehalt vermindernd auf den Löslichkeitsgrad organischer Stoffe einwirkt. Die nach den verschiedenen Methoden ermittelten Absorptionswerte der Sphagnen für Basen stimmen vorzüglich unter sich überein. Hingegen weichen sowohl die für die lebenden als auch die für die abgestorbenen Pflanzenteile gefundenen Zahlenwerte außerordentlich stark von einander ab.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Bei den lebenden Wiesenmoortorfmoosen kommen Schwankungen im Basenabsorptionswert von 0,0757—0,0115% Wasserstoff vor und bei ihren abgestorbenen Pflanzenteilen von 0,0440—0,0134% und in der Regel stellen sich dieselben für die lebenden Sphagnen höher als für die abgestorbenen. Hohe Absorptionskoeffizienten für Basen weisen die dem Moor am Bärensee entnommenen Torfmoosproben auf, welche für Sphagnum teres zu 0,0757 und für Sphagnum contortum zu 0,0523% Wasserstoff gefunden wurden. Niedrige Basenabsorptionswerte ergaben sich bei den Sphagnum platyphyllum-Proben und bei dem Sphagnum contortum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau, das am wenigsten Basen (0,0115% H) zu absorbieren vermag. Im Absorptionsvermögen der lebenden Wiesenmoorsphagnen sind Unterschiede bis zu 0,0642 und in dem der abgestorbenen solche bis zu 0,0306% Wasserstoff zu verzeichnen und fallen diese somit bei dieser Torfmoosgruppe weit höher aus als bei den anderen Sphagnenarten.

Aber nicht nur die verschiedenen Sphagnenspezies absorbieren veränderliche Mengen basischer Stoffe, sondern dies trifft auch für ein und dasselbe Sphagnum von verschiedenen Standorten zu. Nehmen wir die Absorptionsgröße des lebenden Sphagnum teres zu 100 an und rechnen die der anderen lebenden Torfmoose auf diese Zahl um, so kommen wir zu folgenden Werten: Sphagnum contortum vom Moor am Bärensee 69,1, Sphagnum contortum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau 15,2, Sphagnum platyphyllum vom Moor am Förchensee 35,1 und Sphagnum platyphyllum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau 46,6. Tun wir dasselbe bei den abgestorbenen Pflanzenteilen, wobei natürlich der Absorptionswert des abgestorbenen Sphagnum platyphyllum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau gleich 100 zu setzen ist, so finden wir für die übrigen abgestorbenen Wiesenmoortorfmoose nachstehende Verhältniszahlen: Sphagnum platyphyllum vom Moor am Bärensee 68,6, Sphagnum contortum desselben Moores 38,6, Sphagnum contortum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau 30,4 und Sphagnum teres vom Moor am Bärensee 73,8. Diese Verhältniszahlen veranschaulichen recht deutlich die möglichen Differenzen im Basenabsorptionsvermögen der einzelnen Sphagnenspezies untereinander sowie ein und derselben Sphagnen unter sich. So errechnen sich die Differenzen in der Absorptionsgröße der einzelnen lebenden bezw. abgestorbenen Sphagnenspezies zu 84,8 bezw. 69,6%, die des lebenden bezw. abgestorbenen Sphagnum contortum je nach dem Standorte zu 78,0 bezw. 21,2% und die des lebenden bezw. abgestorbenen Sphagnum platyphyllum zu 24,7 bezw. 31,4. Es zeigen sonach die lebenden und die abgestorbenen Wiesenmoortorfmoose ein außerordentlich wechselndes Absorptionsvermögen für basische Mineralstoffe und ändert sich die Absorptionsgröße nicht nur unter den einzelnen Sphagnenspezies, sondern auch bei ein und demselben Sphagnum verschiedener Standorte; dieselbe kann das eine Mal für die lebenden und das andere Mal für die abgestorbenen Pflanzenteile verschieden groß ausfallen. Dieselbe Veränderlichkeit ließ sich im Nährstoffgehalt der Wiesenmoortorfmoose feststellen und daher ist vorauszusehen, daß die chemische Zusammensetzung der Sphagnen zu deren Basenabsorptionsvermögen in gewissen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Beziehungen steht. Ob dies zutrifft und inwieweit dies der Fall ist, wird aus nachfolgendem Kapitel zu ersehen sein.

IV. Die Unterschiede in der Absorptionsgröße der drei Sphagnengruppen für Basen und deren Abhängigkeit von dem Nährstoffgehalt derselben.

1. Die Unterschiede in der Absorptionsgröße der drei Sphagnengruppen für Basen.

Wie die einzelnen Sphagnengruppen charakteristische Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung aufweisen, so lassen sich auch solche in deren Absorptionsvermögen für basische Mineralsubstanzen feststellen. Während die Torfmoose der Hochmoore am wenigsten und die der Wiesenmoore am meisten Nährstoffe führen, zeigen sie hinsichtlich ihrer Absorptionsgröße für Basen ein abweichendes Verhalten, denn dieselbe stellt sich für die Hochmoorsphagnen am höchsten und für die Wiesenmoortorfmoose am niedrigsten. Der Berechnung der mittleren Nährstoffgehalte der verschiedenen Sphagnengruppen wurden die Analysenergebnisse der auf dem südlichen Chiemseemoor gewachsenen sieben Hochmoorsphagnen, die der fünf Waldmoorsphagnen desselben Moores und die der Wiesenmoortorfmoose von dem Moore am Bärensee und dem am Förchensee zugrunde gelegt, und deswegen beziehen sich auch nachverzeichnete Basenabsorptionsmittelwerte der drei Sphagnengruppen auf vorgenannte Sphagnen. Hervorgehoben soll werden, daß der Mittelwert für die Torfmoose der Wiesenmoore verhältnismäßig hoch erscheint, einesteils, weil derselbe überhaupt nur aus drei Sphagnenspezies errechnet wurde und anderenteils, weil von den drei Sphagnenproben zwei zufälligerweise hohe Absorptionswerte aufweisen. Diese dürften sich auch für die in Frage kommenden Torfmoose niedriger stellen, sehen wir doch, daß das lebende bezw. abgestorbene Sphagnum contortum des Moores am Bahnhof Waizern-Hopferau einen Basenabsorptionskoeffizienten hat, der nur 22 bezw. 78,2% desjenigen desselben Torfmooses vom Moor am Bärensee ausmacht. Im allgemeinen wird das Absorptionsvermögen der Wiesenmoorsphagnen für basische Substanzen im Mittel eher kleiner sein als nachstehend angegeben. Trotz des hoch angenommenen Wertes lassen sich dennoch frappante Unterschiede im Basenabsorptionskoeffizienten der drei Sphagnengruppen feststellen, was im nachstehenden dargelegt werden soll.

Die lebenden und abgestorbenen Pflanzenteile der verschiedenen Sphagnenarten vermögen eine Menge Basen auf der Zellhaut ihrer Hyalinzellen zu verdichten, welche — umgerechnet auf Prozente Wasserstoff — die in nachstehender Tabelle aufgeführten Werte annehmen:

Sphagnengruppe	Lebende Sphagnen			Abgestorbene Sphagnen		
	Die Alkalimenge, welche 100 g wasserfreie Sphagnen einer Salz- bzw. Natronlaugelösung zu entnehmen vermögen, entspricht wieviel Wasserstoff in %					
	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert
Hochmoorsphagnen . . .	0,1176	0,0732	0,0937	0,1226	0,0784	0,0991
Waldmoorsphagnen . .	0,0920	0,0705	0,0806	0,0928	0,0703	0,0830
Wiesenmoorsphagnen . .	0,0757	0,0115	0,0515	0,0440	0,0134	0,0266

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

In dieser Tabelle haben die höchsten und niedrigsten Basenabsorptionswerte Aufnahme gefunden, die überhaupt unter sämtlichen Sphagnenproben zu konstatieren waren, während sich die angegebenen Mittelwerte bloß auf die bereits obenerwähnten Torfmoose der einzelnen Sphagnengruppen beziehen. Werden obige Maximum-, Minimum- und Mittelwerte der Hochmoorsphagnen jeweils zu 100 angenommen, so errechnen sich die diesbezüglichen Werte der andern zwei Sphagnengruppen wie folgt:

	Lebende Sphagnen			Abgestorbene Sphagnen		
Sphagnengruppe	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert
Hochmoorsphagnen . . .	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Waldmoorsphagnen . .	78,2	96,3	86,0	75,7	89,7	83,7
Wiesenmoorsphagnen . .	64,3	15,7	55,9	35,9	17,1	26,8

Aus der Tabelle geht hervor, daß sich gegenüber den Absorptionsgrößen der Hochmoortorfmoose die der übrigen Sphagnen durchweg niedriger stellen, bleiben doch die der lebenden bezw. abgestorbenen Torfmoose des Waldmoores im Maximum um 21,8 bezw. 24,3, im Minimum um 3,7 bezw. 10,3, im Mittel um 14,0 bezw. 16,3% und die der lebenden bezw. abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen im Maximum um 35,7 bezw. 64,1, im Minimum um 84,3 bezw. 82,9 und im Mittel um 44,1 bezw. 73,2% hinter denen der Hochmoortorfmoose zurück.

Die kleinsten Schwankungen in den Basenabsorptionswerten ergeben sich für die Sphagnen der Waldmoore und die größten für die Torfmoose der Wiesenmoore. Dies ist ganz natürlich, finden doch erstere für gewöhnlich ziemlich gleichbleibende Standortsverhältnisse vor, während diese für die letzteren in der Regel einem starken Wechsel unterliegen. Je nach dem ursprünglichen Nährstoffgehalt des Bodens — z. Zt. des ersten Auftretens von Waldsphagnen auf demselben — nehmen die Torfmoose mehr oder weniger Nährstoffe auf und werden von vornherein ein größeres oder kleineres Absorptionsvermögen für Basen aufweisen. Mit der Verarmung des Waldmoores an Pflanzennährstoffen geht der Nährstoffgehalt der Sphagnen immer mehr zurück, infolgedessen nimmt deren Basenabsorptionsgröße zu und wird sich dieselbe in den letzten Entwicklungsstadien des Waldes, also in der Zeit der rapideren Umwandlung desselben zu Hochmoor, schließlich stark der der Hochmoortorfmoose nähern. Die Basenabsorptionsgröße der Waldmoorsphagnen gibt uns indirekt Aufschlüsse über den Nährstoffvorrat ihres Standortes und damit über das Entwicklungsstadium des Moorwaldes, insofern als niedrige Werte darauf hinweisen, daß die waldvernichtende Hochmoorflora erst in jüngster Zeit im Walde ihre Vegetationsbedingungen gefunden hat, während hohe Werte anzeigen, daß diese schon so große Verbreitung fand, daß der Moorwald in Bälde seiner völligen Vernichtung entgegengeht. Einige der untersuchten Waldmoorspagnen zeichnen sich durch ein relativ hohes Absorptionsvermögen für Basen aus und die erhaltenen Mittelwerte der lebenden und abgestorbenen Torfmoose des Waldes, welche nur um ca. 14% hinter denen der Hochmoorsphagnen zurückbleiben, sprechen dafür, daß die Hochmoorflora in diesen Waldmooren teilweise größere Verbreitung erreicht hat, was ja nach den früher

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

angeführten botanischen Beständen dieser Waldvegetation tragenden Moorpartien in der Tat zutrifft.

Besonders große Differenzen in den Basenabsorptionswerten ergeben sich bei den Wiesenmoorsphagnen und sind es die lebenden, die sich hierin am meisten auszeichnen. So beträgt der diesbezügliche Maximalwert der abgestorbenen Torfmoose dieser Gruppe das Doppelte, der der lebenden hingegen das Viersache ihrer Minimalwerte. Anderseits stellt sich der Mittelwert für die ersteren um die Hälfte niedriger als der der letzteren. Dieses entgegengesetzte Verhalten der lebenden und abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen hat darin seine Ursache, daß erstere einem viel größeren Wechsel hinsichtlich ihrer Standortsfaktoren unterliegen als letztere. Es zeigen ja gerade die Wiesenmoore die erheblichsten Unterschiede im Nährstoffgehalt, welche sich selbstredend in der chemischen Zusammensetzung der abgestorbenen Teile der darauf wachsenden Sphagnen weniger bemerkbar machen als in den lebenden. Da auf den Nährstoffgehalt dieser Gewächse noch andere Faktoren (Überschwemmungswasser, Verstaubung) einwirken, die sich vorwiegend auf die lebenden Pflanzenteile erstrecken, so werden sich notwendigerweise diese Einflüsse mehr in einem wechselnden Absorptionsvermögen der lebenden Sphagnen für basische Substanzen als in dem der abgestorbenen zu erkennen geben. Wir dürfen uns daher nicht im geringsten über die außerordentlich hohen Differenzen im Basenabsorptionskoeffizienten der Wiesenmoortorfmoose verwundern und haben bei weiteren diesbezüglichen Untersuchungen alle möglichen Zahlenwerte zu erwarten, wobei dieselben über einen gewissen Grenzwert nicht ansteigen. Wenn relativ hohe Werte gefunden werden, zeigen diese an, daß die Umwandlung von Wiesenmoor zu Hochmoor schon größere Dimensionen angenommen hat, während niedere Werte darauf hindeuten, daß dem Moor noch wenig von seinem Wiesenmoorcharakter verlorenging. Nun weisen von den hier in Frage kommenden Wiesenmoortorfmoosen Sphagnum teres und contortum vom Moor am Bärensee relativ hohe Basenabsorptionszahlen auf und in Wirklichkeit nähert sich der botanische Bestand dieses Moores stark der Hochmoorflora. Anderseits kann das Absorptionsvermögen des Sphagnum platyphyllum vom Moor am Förchensee als ein sehr mäßiges bezeichnet werden und nach früheren Angaben haben wir gesehen, daß dieses Moor noch wenig von seinem Wiesenmoorcharakter einbüßte.

Was nun die errechneten mittleren Absorptionswerte der verschiedenen Sphagnengruppen anbelangt, so sei ausdrücklich vermerkt, daß dieselben keine unveränderlichen, fixen Zahlen darstellen. Sie sind auch keine solchen und haben — mit Ausnahme der für die Hochmoorsphagnen angegebenen Zahlen — keinen Anspruch hierauf. Deren Berechnung sollte nur leichter veranschaulichen, daß den einzelnen Sphagnenarten ein verschieden großer Absorptionswert für Basen zukommt und daß sich derselbe für die Torfmoose der Hochmoore am höchsten und für die der Wiesenmoore am niedrigsten stellt, während der der Waldmoore die Mittelstellung einnimmt. Dies bekunden sie voll und ganz, denn der Basenabsorptionskoeffizient der lebenden bezw. abgestorbenen Waldmoorsphagnen errechnet sich gegenüber dem der Hochmoorsphagnen um 14,0 bezw. 16,3% und der der Wiesenmoorsphagnen gegenüber diesem um 44,1 bezw. 73,2% niedriger.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

2. Die Abhängigkeit der Abſorptionsgröße der Sphagnen für Baſen von dem Nährſtoffgehalt derſelben.

Wiederholt wurde in den vorangegangenen Erörterungen die Frage geſtreift, ob die chemiſche Zuſammenſetzung der Torfmooſe von Einfluß auf deren Baſenabſorptionsvermögen iſt. Vorſtehende Frage iſt nur dann einwandfrei zu löſen, wenn wir feſtzuſtellen vermögen, wodurch die Abſorptionswirkungen zuſtande kommen und unter welchen Bedingungen ſolche in erkennbarer Weiſe nicht mehr hervorgerufen werden.

Nach den neueren Forſchungen von A. Baumann und dem Referenten über die wahre Natur der „ſogenannten" freien Humus- bezw. Sphagnenſäuren müſſen wir annehmen, daß es weder im Hochmoorboden noch in den Sphagnen freie Säuren gibt. Somit können die ſauren Eigenſchaften des Hochmoorbodens oder der Sphagnen nicht auf den Gehalt an freien Säuren zurückgeführt werden, ſondern auf deren Gehalt an kolloidalen Subſtanzen. Baumann und Gully haben ſichere Beweiſe dafür erbracht, daß das, was man Sphagnumſäure und Humusſäure genannt hat, nichts anderes ſein kann als die Zellhaut der hyalinen Sphagnumzellen. Die Zellhaut der hyalinen Sphagnumzellen ſind Kolloidſubſtanzen von rieſiger Oberflächenausdehnung, die elektriſche Ladung zeigen, weshalb ſie ſelbſt den verdünnteſten Salzlöſungen freie Baſen entnehmen und auf den Zellhäuten verdichten (abſorbieren). Die Abſorptionswirkungen der Zellhaut verſehen bei den Torfmooſen die Dienſte der Wurzelorgane, indem ſie die abſorbierten Nährſtoffe nach Bedarf durch die Zellhäute diffundieren laſſen und ſo bewirken, daß dieſe zum Aufbau von organiſcher Subſtanz verwendet werden. Der Ernährungsprozeß dieſer Gewächſe dürfte auf folgende Art vor ſich gehen:

Die gequollene Zellhaut haben wir uns als negativ elektriſch geladen zu denken; dieſe zieht infolgedeſſen die Kationen der diſſoziierten Salzlöſungen an und verwandelt ſie in Hydrate, die ſich durch Diffuſion in die Zellhaut begeben und von da an die Orte des Verbrauchs geleitet werden. Bei dieſem Vorgang der Elektrolyſe werden vom freiwerdenden Waſſerſtoff Reduktionswirkungen erzeugt, ſo daß nach Sättigung mit Baſen oder durch Waſſerſtoff-Ionen eine elektriſche Umladung der Zellhaut ſtattfindet und nun Säuren hindurchdiffundieren. Die elektriſche Umladung wird alſo durch die Nährſtoffaufnahme ſelbſttätig reguliert.

Der Bedarf der Sphagnen an Säuren iſt im Vergleich zu dem an Baſen ein ſehr geringer. Da letztere denſelben in wechſelnden Mengen zur Verfügung ſtehen, ſo werden ſie davon auch veränderliche Quantitäten abſorptiv gebunden enthalten. Die Mengen freier Baſen, welche dieſe Pflanzen auf ihrer Zellhaut verdichtet führen, genügen niemals, die elektriſchen Spannungen der Zellhaut ſo auszugleichen, wie es bei unſeren Baſenabſorptions-Beſtimmungsmethoden der Fall iſt, denn wir verwenden konzentrierte Salzlöſungen, aus denen die Torfmooſe mehr Baſen abſorbieren als aus verdünnten. Nun ſtehen ja in der Natur den Pflanzen keine ſo hochprozentigen Salzlöſungen zu Gebote, deswegen finden wir immer noch einen ungeſättigten Reſt. Nach den verſchiedenen Verfahren zur Feſtſtellung des höchſtmöglichen Abſorptionsvermögens der Sphagnen für Baſen neutraliſieren wir ſozuſagen die vorhandene negative elektriſche Ladung

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

ihrer Zellhäute durch Hinzufügen von freien Basenlösungen oder Salzlösungen ab. Hierzu ist jeweils eine bestimmte Quantität positiver elektrischer Ladung nötig, die den zugesetzten Salzlösungen entnommen wird. Enthielten die Torfmoose keine absorptiv gebundenen Basen, so müßte von den Zellhäuten ihrer Hyalinzellen stets dasselbe Maß negativer elektrischer Ladung ausgehen und immer dieselbe Basenmenge aus Salzlösungen absorbiert werden. Da dies nicht zutrifft, sie vielmehr stets wechselnde Mengen absorbierter Basen führen, so schwankt auch der restierende Teil an Basen, die sie noch zum Ausgleich der elektrischen Spannung bedürfen. Die ermittelten Absorptionsgrößen der Sphagnen für basische Stoffe geben diesen Bestandteil. Da sich derselbe an eine variable Größe anlehnt, nämlich an den Gehalt der Torfmoose an basischen Substanzen, so ist es selbstverständlich, daß das Basenabsorptionsvermögen derselben von ihrem Nährstoffgehalt, also von dem Prozentsatz an CaO, MgO und K_2O abhängt. Ob dies zutrifft und bis zu welchem Grade dies nachweisbar ist, soll nun gezeigt werden.

Den Nachweis, daß das Basenabsorptionsvermögen der Sphagnen von deren Nährstoffgehalt beeinflußt wird, erbringt Referent auf eine einfache Weise. Er berechnet den Prozentsatz der wasserfreien Torfmoose an Basen auf mg Wasserstoff, addiert dazu den in mg Wasserstoff angeführten Basenabsorptionswerten derselben, erhält so einen neuen Wert, den er als den „Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten" bezeichnet und ermittelt, wieviel von dieser Zahl durch den Gehalt der Sphagnen an Basen abgesättigt ist. Steht das Basenabsorptionsvermögen mit dem Nährstoffgehalt in Zusammenhang, so muß die Zahl, welche angibt wieviel von dem Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten in Prozenten bereits durch jenen zur Absättigung kam, für die nährstoffreichen Torfmoose entsprechend höher ausfallen als für die nährstoffarmen. Dann kommt ferner dem Gesamtabsorptionskoeffizienten, der sich aus der wahren noch vorhandenen Absorptionsgröße plus dem erhaltenen Wert für bereits stattgefundene Absättigung durch Nährstoffe zusammensetzt, insofern Bedeutung zu, als wir daraus schließen können, ob die Sphagnen unter sich ein verschieden oder gleich großes Basenabsorptionsvermögen zeigen würden, wenn nicht schon ein Teil desselben durch adsorbierte Basen aufgehoben wäre. Zeichnen sich die Sphagnen durch beträchtliche Unterschiede in dem Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten aus, so wäre ein sicherer Beweis dafür erbracht, daß die elektrischen Spannungen und damit die Basenabsorptionswirkungen der Sphagnen tatsächlich allein von der Zellhaut der hyalinen Sphagnumzellen ausgehen, zu welcher Annahme der anatomische Bau der Sphagnen uns berechtigt, indem nach Limpricht die Hochmoorsphagnen große und die Wiesenmoorsphagnen kleine Hyalinzellen aufweisen. Es wäre von allergrößtem Interesse, wenn sich die Beantwortung dieser Fragen aus unseren Zahlenwerten ableiten ließe. Dies ist aber nicht immer mit genügender Exaktheit möglich; es kann auch nicht der Fall sein, weil zu deren einwandfreien Beantwortung vor der Versuchsanstellung zuerst gewisse Vorbedingungen zu erfüllen sind, die bei unseren seinerzeitigen Versuchen noch nicht bekannt waren, und wir damals auch nur die wirklich bestehenden Absorptionsgrößen ermitteln wollten, was uns auch gelang. Der analytischen Festsetzung des Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten müßten zu allererst die Bestimmungen der physiologisch und absorptiv gebundenen Nährstoffe

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

der Sphagnen vorausgehen. Dieses Ziel ließe sich durch besondere umständliche Untersuchungen erreichen und könnten dabei zwei Wege eingeschlagen werden. Einen orientierenden Versuch hierüber hat Referent durchgeführt; er fiel in günstigem Sinne aus. Durch anderweitige dringliche Arbeiten wurde er abgehalten diese Versuche fortzusetzen, behält sich jedoch vor, sie zu gelegener Zeit neu aufzunehmen.

Wenn wir auch nicht mit genügender Sicherheit beantworten können, ob allen Sphagnengruppen ein wechselndes Gesamtbasenabsorptionsvermögen zukommt, weil hierzu deren Gehalt an physiologisch und absorptiv gebundenen Nährstoffen bekannt sein müßte, und infolgedessen auch nicht sagen können, ob dessen eventuelle Veränderlichkeit dem verschiedenartigen anatomischen Bau derselben zuzuschreiben ist, so geben die gefundenen und errechneten Absorptionsgrößen mit hinreichender Gewißheit über die Beziehungen Aufschluß, welche zwischen dem Nährstoffgehalt der Torfmoose und ihrem wirklichen Absorptionsvermögen für Basen bestehen. Auf welche Berechnungen sich dieser Nachweis stützt, wurde oben angegeben. Dazu wird vermerkt, daß die errechneten Werte keine fixen Zahlen darstellen, weil ja mit jeder weiteren Untersuchung etwas abweichende Größen gefunden werden, und dann auch deswegen nicht, weil eine Auseinanderhaltung der physiologisch und absorptiv gebundenen Nährstoffe, wie es eigentlich notwendig wäre, nicht möglich war. In Wirklichkeit können ja nur die absorptiv und nicht die physiologisch gebundenen Nährstoffe auf das Absorptionsvermögen der Sphagnen für Basen einwirken und müßten daher die Prozentzahlen bestimmt werden, welche durch die absorptiv festgehaltenen Nährstoffe abgesättigt sind. Da sich nun aber dieser Wert nicht errechnen läßt, sind wir genötigt, die Zahlen unter sich zu vergleichen, welche den durch die Nährstoffe überhaupt abgesättigten Prozentsatz des Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten angeben. Dem kann freilich entgegengehalten werden, daß die Torfmoose der Wiesenmoore infolge Luxuskonsumption mehr physiologisch gebundene Nährstoffe führen als die der Wald- oder Hochmoore, dieser Einwand tritt aber ganz zurück gegenüber den gewaltigen Unterschieden im Absättigungswert des Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten der verschiedenen Sphagnenarten durch die Nährstoffe. Auch wird derselbe hinfällig, indem wir nachweisen, daß sich gerade bei den abgestorbenen Sphagnen der Einfluß ihrer chemischen Zusammensetzung auf das Basenabsorptionsvermögen für gewöhnlich am unzweideutigsten zu erkennen gibt. Nun sind es eben diese Pflanzenteile, die sich durch einen besonders großen Wechsel im Nährstoffgehalte auszeichnen, wobei betont wird, daß die abgestorbenen Torfmoose der Hochmoore nur relativ geringe Quantitäten an absorbierten Stoffen enthalten, während die der Wiesenmoore für gewöhnlich außerordentlich reich daran sind. Es weisen aber die abgestorbenen Hochmoorsphagnen die höchsten und die Wiesenmoorsphagnen die niedrigsten Basenabsorptionswerte auf und jenen steht ein kleiner und diesen ein großer Prozentsatz des durch Nährstoffe abgesättigten Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten gegenüber, woraus zweifellos hervorgeht, daß der Nährstoffgehalt der Sphagnen bezw. deren Gehalt an absorbierten basischen Mineralstoffen das Absorptionsvermögen derselben bedingt, wofür im Laufe der nachfolgenden Ausführungen noch direkte Beweise erbracht werden.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Für die verschiedenen **Hochmoorsphagnen** wurde der Gesamtbasenabsorptionskoeffizient sowie dessen durch die Nährstoffe abgesättigter Anteil, wie in folgender Tabelle verzeichnet, errechnet:

Analysen Nr.	Sphagnenart	Standort	Lebende Sphagnen: Der Wasserstoff von 100 g wasserfr. Sphagnen berechnet sich in mg für: das wirkliche Basenabsorptionsvermögen	den Nährstoffgehalt (CaO+MgO+K_2O)	den Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten	Vom Gel. Basenabsorptionskoeffizienten sind durch Nährstoffe abgesättigt in %	Abgestorbene Sphagnen: Der Wasserstoff von 100 g wasserfr. Sphagnen berechnet sich in mg für: das wirkliche Basenabsorptionsvermögen	den Nährstoffgehalt (CaO+MgO+K_2O)	den Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten	Vom Gel. Basenabsorptionskoeffizienten sind durch Nährstoffe abgesättigt in %
77/78	fuscum	südl. Chiemseemoor	117,6	22,79	140,39	16,2	122,6	15,67	138,27	11,3
79/80	acutifolium	„ „	107,9	21,93	129,83	16,9	109,8	16,56	116,36	14,2
61/62	rubellum	„ „	99,5	31,25	130,75	23,9	103,2	23,84	126,04	18,9
63/64	medium	„ „	94,6	28,09	122,69	22,9	102,3	21,50	123,80	17,2
65/66	papillosum	„ „	87,6	25,38	112,98	22,5	95,0	20,51	115,51	17,8
75/76	molluscum	„ „	75,6	20,17	95,77	21,1	78,4	15,52	93,92	16,5
59/60	cuspidatum	„ „	73,2	27,67	100,87	27,4	82,5	16,79	99,29	16,9
Mittelwerte für die Sphagnen vom südlichen Chiemseemoor			93,7	25,31	118,01	21,4	99,1	18,61	117,71	15,8
108/109	fuscum	Waizern-Hopferau	111,5	33,67	145,17	23,2	121,2	27,03	148,23	18,2
96/97	„	Hopfensee	117,6	31,70	149,30	21,2	120,1	26,88	146,98	18,3
77/78	„	südl. Chiemseemoor	117,6	22,79	140,39	16,2	122,6	15,67	138,27	11,3
Mittelwerte für Sph. fuscum verschiedenen Standortes			115,6	29,39	144,96	20,2	121,3	23,19	144,49	16,0
63/64	medium	südl. Chiemseemoor	94,6	28,09	122,69	22,9	102,3	21,50	123,80	17,2
98/99	„	Hopfensee	105,0	34,34	139,34	24,7	104,9	27,85	132,75	21,6
Mittelwerte für Sph. medium verschiedenen Standortes			99,8	31,22	131,01	23,8	103,6	24,57	128,17	19,4
59/60	cuspidatum	südl. Chiemseemoor	73,2	27,67	100,87	27,4	82,5	16,79	99,29	16,9
110/111	„	Waizern-Hopferau	74,4	29,30	103,70	31,3	81,5	25,25	106,75	23,6
100/101	„	Hopfensee	75,7	31,62	107,32	29,4	81,0	25,40	106,40	23,9
Mittelwerte für Sph. cuspidatum versch. Standortes			74,4	29,53	103,96	28,4	81,7	22,48	104,15	21,6
79/80	acutifolium H.	Chiemseehochmoor	107,9	21,93	129,83	16,9	109,8	16,56	116,36	14,2
67/68	„ W	Förchenseewald	84,3	29,30	113,60	25,8	92,8	27,57	120,37	22,9

In voranstehender Tabelle haben alle analysierten Torfmoose der Hochmoore Aufnahme gefunden und des Vergleichs wegen noch das Sphagnum acutifolium des Förchenseewaldes. Die vier Mittelwerte wurden gezogen einerseits aus den entsprechenden Werten sämtlicher sieben Sphagnen vom südlichen Chiemseemoor, anderenteils aus denen ein und derselben Sphagnenspezies, die verschiedenen Moorgebieten entstammen. Die erste Rubrik der Tabelle gibt das wirklich bestehende Absorptionsvermögen von 100 g wasserfreier Sphagnen für Basen an, die zweite die Summe ihrer basischen Nährstoffe (CaO+MgO+K_2O) und die dritte ihren errechneten Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten, alles bezogen auf mg Wasserstoff.

Die lebenden Hochmoortorfmoose mit dem höchsten Absorptionsvermögen für Basen führen für gewöhnlich am wenigsten und die mit dem niedrigsten Basenabsorptionswert am meisten Nährstoffe. Trotzdem stellt sich bei ersteren ihr Gesamtbasenabsorptionskoeffizient bedeutend höher als bei letzteren, woraus zu schließen ist, daß selbst den einzelnen Sphagnenspezies der Hochmoore ein ver-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

schieden großes Gesamtbasenabsorptionsvermögen zukommt. Diese Annahme hat ihre Berechtigung und stützt sich nicht auf einen Zufall, denn auch die verschiedenen Moorgebieten entnommenen Torfmoose zeigen dasselbe Verhalten. Der Gesamtbasenabsorptionswert des mehreren Mooren entstammenden Sphagnum fuscum schwankt innerhalb mäßiger Grenzen und weicht vom Mittelwert nur sehr wenig ab; dasselbe ist für die Sphagnum medium- und Sphagnum cuspidatum-Proben zu konstatieren. Im Mittel stellt sich der Gesamtbasenabsorptionskoeffizient des Sphagnum medium um 9,6 % und der des Sphagnum cuspidatum um 28,3 % niedriger wie der des Sphagnum fuscum, was doch sehr für obige Ansicht spricht. Was das Verhältnis des Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten zu dem Nährstoffgehalt der Torfmoose anbelangt, so veranschaulicht die letzte Rubrik der Tabelle recht deutlich deren Beziehungen zu einander. Daraus ist zu entnehmen, daß mit dem Ansteigen des durch Nährstoffe abgesättigten Prozentsatzes des Gesamtbasenabsorptionsoffizienten ein Abfallen des wirklich bestehenden Basenabsorptionsvermögens Hand in Hand geht. Während der durch Nährstoffe sozusagen „abneutralisierte" Prozentsatz des Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten der Sphagnen vom südlichen Chiemseemoor im Mittel von 16,2 auf 27,4 % also um 69,2 % zunimmt, fällt nämlich der wirkliche Basenabsorptionswert von 117,6 auf 73,2 mg Wasserstoff d. h. um 37,8 %. Auch die mehreren Mooren entnommenen Sphagnen lassen dasselbe Verhalten erkennen. Bei den verschiedenen Proben von Sphagnum fuscum ist ein weit geringerer Prozentsatz des Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten durch Nährstoffe abgesättigt als bei denen von Sphagnum medium und cuspidatum. Ersteren kommt auch in der Tat ein erheblich größerer Absorptionswert für Basen zu als letzteren. Lehrreich sind auch in dieser Hinsicht die Sphagnum acutifolium-Proben, welche von verschiedenen Moorformen stammen. Das Sphagnum acutifolium vom Förchenseemoorwald führt gegenüber dem vom südlichen Chiemseehochmoor um 25,2 % mehr Nährstoffe und von seinem Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten sind gegenüber diesem um 34,5 % mehr durch Nährstoffe abneutralisiert, und tatsächlich absorbiert ersteres aus einer Salzlösung um 28 % weniger Basen wie letzteres.

Die abgestorbenen Hochmoorsphagnen enthalten weniger Nährstoffe als die lebenden und zeigen daher auch geringere Differenzen in ihrem Gehalt an basischen Nährstoffen wie diese. Infolgedessen stellt sich bei den abgestorbenen Pflanzen der durch Nährstoffe abgesättigte Anteil des Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten erheblich niedriger als bei den lebenden, und das gleiche trifft für deren wirkliches Basenabsorptionsvermögen zu. Gegenüber dem durch Nährstoffe abneutralisierten Prozentsatz des Gesamtbasenabsorptionsvermögens des Sphagnum fuscum steigt der des Sphagnum cuspidatum um 39,9 % an und analog damit fällt gegenüber ersterem Torfmoos das wirkliche Basenabsorptionsvermögen des letzteren um 32,8 %. Besonders gut übereinstimmende Resultate erhält man, wenn in dieser Hinsicht die Sphagnen von verschiedenen Standorten mit einander verglichen werden. Die durch Nährstoffe abgesättigten Anteile des Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten der Sphagnen medium und cuspidatum stellen sich gegenüber dem des Sphagnum fuscum im Mittel um 21,2 bezw. 35,0 % höher und demgemäß absorbieren sie aus Salzlösungen um 17,3 bezw. 32,7 %

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

weniger freie Basen als diese. Bei diesen abgestorbenen Torfmoosen läuft somit das wirkliche Basenabsorptionsvermögen fast genau umgekehrt proportional mit ihren Nährstoffgehalten, wodurch zur Evidenz erwiesen wird, daß das Basenabsorptionsvermögen der Sphagnen von der chemischen Zusammensetzung und speziell dem Prozentgehalt an Basen abhängt. Diese Beziehungen zwischen Absorptionsgröße der Sphagnen und deren Nährstoffgehalt treten notwendigerweise bei den abgestorbenen Pflanzenteilen deutlicher und mit größerer Übereinstimmung auf als bei den lebenden, denn ihre absorbierten Mineralstoffe, welche sie enthielten, sind der Hauptsache nach verloren gegangen oder in die lebenden Pflanzenteile übergetreten. Obgleich das wirkliche Basenabsorptionsvermögen und der Nährstoffgehalt der lebenden Hochmoorsphagnen beträchtlich von denen der abgestorbenen abweichen, berechnet sich doch für beide Pflanzenteile der Gesamtbasenabsorptionskoeffizient fast genau gleich hoch. Hierin liegt auch ein Beweis für die absolute Abhängigkeit des wirklichen Basenabsorptionsvermögens von dem Prozentgehalt der Torfmoose an basischen Substanzen und zugleich wird dadurch erwiesen, daß die Absorptionswirkungen in beiden Fällen von derselben Substanz ausgehen.

Für die fünf **Waldmoorsphagnen** wurde deren Gehalt an $CaO + MgO + K_2O$, der Gesamtbasenabsorptionskoeffizient und der prozentische Anteil desselben, welcher durch Nährstoffe abgesättigt ist, wie folgt gefunden:

Analysen Nr.	Sphagnenart	Standort	Lebende Sphagnen: Der Wasserstoff von 100 g wasserfr. Sphagnen berechnet sich in mg für: das wirkliche Basenabsorptionsvermögen	den Nährstoffgehalt ($CaO + MgO + K_2O$)	den Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten	Vom Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten sind durch Nährstoffe abgesättigt in %	Abgestorbene Sphagnen: Der Wasserstoff von 100 g wasserfr. Sphagnen berechnet sich in mg für: das wirkliche Basenabsorptionsvermögen	den Nährstoffgehalt ($CaO + MgO + K_2O$)	den Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten	Vom Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten sind durch Nährstoffe abgesättigt in %
	cymbifolium	Förchensee-Moorwald	92,0	36,22	128,22	28,2	90,4	36,22	126,62	28,6
	parvifolium	Weitmoos- „	84,4	32,63	117,03	27,9	87,3	27,49	114,79	23,9
	acutifolium	Förchensee- „	84,3	29,30	113,60	25,8	92,8	27,57	120,37	22,9
	Girgensohnii	Weitmoos- „	71,8	52,33	124,13	42,1	70,3	42,74	113,04	37,8
	recurvum	Förchensee- „	70,5	36,96	107,46	34,4	74,4	27,46	101,86	26,9
Mittelwerte für die Waldmoorsphagnen .			80,6	37,44	118,04	31,7	83,0	32,31	115,31	28,0

Die lebenden Waldmoorsphagnen führen mehr Kalk, Magnesia und Kali wie die lebenden Torfmoose des Hochmoores; deswegen errechnet sich auch der Prozentsatz höher, welcher von dem Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten durch Nährstoffe abgesättigt ist. Auch bei diesen Sphagnengruppen ergibt es sich, daß meistens die Torfmoose mit dem höheren wirklichen Absorptionsvermögen für Basen weniger Nährstoffe enthalten als die mit dem niedrigeren. Den höchsten Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten der Sphagnen des Hochmoores erreichen die des Waldes nie, trotzdem stellt sich derselbe für beide Sphagnengruppen im Mittel annähernd gleich. Dies mag darin seine Ursache haben, daß die Torfmoose des Waldes sicherlich weit mehr physiologisch gebundene Nährstoffe aufweisen als die des Hochmoores, welche aber bei unseren Berechnungen nicht in Abzug zu bringen waren und zufolgedessen der Gesamtbasenabsorptionskoeffizient

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

der Waldmoorsphagnen naturgemäß zu hoch ausfällt. Des ferneren kommt hier noch der Umstand in erhöhtem Maße zur Geltung, daß bei unseren Analysen die Natronbestimmungen fehlen. Unter den Torfmoosen ein und derselben Gruppe spielt der Mangel dieser Mineralstoffbestimmung kaum eine wesentliche Rolle, da die Sphagnen unter sich annähernd gleiche Mengen Natron enthalten dürften. Anders ist es beim Vergleich zweier verschiedener Sphagnengruppen, denn fraglos ergeben sich hier größere Differenzen, insofern als die eine Gruppe beträchtlich mehr Natron führen kann. Nun sind es die kalireichen Torfmoose des Waldmoores, welche ärmer an diesem Mineralbestandteil sein dürften und deswegen errechnet sich deren Gesamtbasenabsorptionskoeffizient gegenüber dem der Hochmoore zu hoch. Ihrem Vorkommen entsprechend ergeben sich für die Sphagnen cymbifolium und recurvum die erheblichsten Unterschiede sowohl in deren Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten als auch in dem Prozentsatz desselben, der durch Nährstoffe abgesättigt ist. Der Gesamtbasenabsorptionskoeffizient des ersteren Torfmooses stellt sich gegenüber dem des letzteren um 16,2 % höher und davon sind bei jenem um 21,9 % weniger durch Nährstoffe abneutralisiert wie bei diesem, und demzufolge absorbiert das Sphagnum cymbifolium aus Salzlösungen um 23,4 % mehr Basen als das Sphagnum recurvum. Der Gesamtbasenabsorptionskoeffizient des Sphagnum cymbifolium errechnet sich um 7,4 % höher und der durch Nährstoffe abneutralisierte Anteil desselben um 12,4 % niedriger wie die diesbezüglichen Mittelwerte der Waldmoorsphagnen, und dessen Absorptionsvermögen für Basen übersteigt den Mittelwert gleichfalls um 12,4 %. Überall geht mit der Nährstofferhöhung eine Verminderung der Absorptionsgröße der Sphagnen für Basen Hand in Hand und zeigt sich also auch bei den lebenden Pflanzenteilen dieser Torfmoosgruppe die Abhängigkeit des Basenabsorptionsvermögens von der chemischen Zusammensetzung derselben. Wie bei den Hochmoorsphagnen, so konnte auch bei dieser Torfmoosgruppe ein verschieden großer Gesamtbasenabsorptionskoeffizient für die einzelnen Sphagnenspezies nachgewiesen werden.

Bei den abgestorbenen Waldmoorsphagnen findet gegenüber den lebenden eine geringere Nährstoffverminderung statt als dies bei den abgestorbenen gegenüber den lebenden Pflanzenteilen der voranstehenden Sphagnengruppe der Fall ist. Die einzelnen abgestorbenen Torfmoose der Waldmoore weisen gegenüber den Gehalten der lebenden an basischen Mineralstoffen oft so geringfügige Nährstoffverluste auf, daß deren Basenabsorptionsvermögen in kaum erkennbarer Weise in Mitleidenschaft gezogen werden. Demgemäß ergeben sich bei deren Mittelwerten bloß mäßige Differenzen, doch vermögen wir zu konstatieren, daß die abgestorbenen Pflanzenteile um 11,3 % weniger Nährstoffe führen als die lebenden und sich ihr Basenabsorptionswert um 3,8 % höherstellt als bei diesen. Die Beziehungen zwischen der Absorptionsgröße und der chemischen Zusammensetzung treten bei den abgestorbenen Waldmoorsphagnen schlecht zu Tage. Mitunter können wir dieselben nicht erkennen, es hat sogar den Anschein, als ob überhaupt keine bestehen. Dem widersprechen jedoch die vorausgegangenen Erörterungen, die zweifellos die innige Abhängigkeit des Basenabsorptionsvermögens vom Nährstoffgehalt dartun. Wenn nun diese Abhängigkeit bei den

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

abgestorbenen Waldmoorsphagnen wenig oder gar nicht äußerlich nachzuweisen ist, so hat dies darin seinen Grund, daß bei diesen Pflanzenteilen mancherlei Faktoren einwirken, wodurch sie paralysiert bezw. verdeckt werden kann. Hier sei daran erinnert, daß freie Säuren, die ja im Walde vorkommen, die Basenabsorption beeinträchtigen. Dann sei noch darauf hingewiesen, daß verschieden konzentrierte Lösungen von Aluminiumverbindungen die Zellhaut der hyalinen Sphagnumzellen verschieden stark umladen und daß bei Gegenwart gewisser Eisenverbindungen (Grundwasser) gerade in den verdünntesten Lösungen keine Absorptionen stattfinden.

Den Gehalt der **Wiesenmoorsphagnen** an basischen Mineralbestandteilen, ihren Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten und den Prozentsatz, welcher hiervon durch Nährstoffe abgesättigt ist, veranschaulicht folgende Zusammenstellung:

Analysen-Nr.	Sphagnenart	Standort	Lebende Sphagnen: Der Wasserstoff von 100 g wasserfr. Sphagnen berechnet sich in mg für: das wirkliche Basenabsorptionsvermögen	den Nährstoffgehalt ($CaO+MgO+K_2O$)	den Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten	Vom Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten sind durch Nährstoffe abgesättigt in %	Abgestorbene Sphagnen: Der Wasserstoff von 100 g wasserfr. Sphagnen berechnet sich in mg für: das wirkliche Basenabsorptionsvermögen	den Nährstoffgehalt ($CaO+MgO+K_2O$)	den Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten	Vom Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten sind durch Nährstoffe abgesättigt in %
89/90	teres	Bärensee	75,7	57,53	133,23	43,2	32,5	91,61	124,11	73,8
87/88	contortum	„	52,3	69,23	121,53	56,9	17,0	106,68	123,68	86,2
81/82	platyphyllum	Förchensee	26,6	84,11	110,71	76,0	30,2	97,32	127,52	76,2
Mittelwerte für die bei Bernau ges. Wiesenmoorsphagnen			51,5	70,28	121,78	57,7	26,6	98,51	125,11	78,7
112/113	contortum	Waizern-Hopferau	11,5	168,80	180,30	93,6	13,4	139,21	152,61	91,2
87/88	contortum	Bärensee	52,3	69,23	121,53	56,9	17,0	106,68	123,68	86,2
Mittelwerte für die Sphag. contortum versch. Standorts			31,9	119,02	150,92	75,3	15,2	122,95	138,15	88,7
114/115	platyphyllum	Waizern-Hopferau	35,3	86,12	121,42	70,9	44,0	80,67	124,67	64,7
81/82	platyphyllum	Förchensee	26,6	84,11	110,71	76,0	30,2	97,32	127,52	76,3
Mittelw. für die Sph. platyphyllum versch. Standorts			30,9	85,11	116,07	73,4	37,1	88,99	126,09	70,5
Gesamtmittelwerte für die Wiesenmoorsphagnen . . .			38,0	91,47	129,59	68,8	26,3	103,48	129,78	79,3

Die lebenden Wiesenmoorsphagnen haben ein recht verschiedenes Absorptionsvermögen für Basen. Am höchsten fällt dasselbe für das Sphagnum teres und am niedrigsten für das Sphagnum contortum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau aus. Jenes vermag Salzlösungen $6^1/_2$mal soviel Basen zu entziehen wie dieses. Aber auch die einzelnen Sphagnenspezies vom gleichen Standorte, sowie die mehreren Mooren entnommenen Proben ein und desselben Torfmooses weisen veränderliche Basenabsorptionsgrößen auf. So wurde der Absorptionswert für Basen des Sphagnum teres vom Moor am Bärensee um 30,9% höher gefunden als der des Sphagnum contortum vom gleichen Moore, der des Sphagnum contortum vom Moor am Bärensee um 80% höher wie der desselben Torfmooses vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau und der des Sphagnum platyphyllum letzteren Moores wiederum um 24,3% höher als der des gleichen Torfmooses vom Moor am Förchensee. Dem veränderlichen Basenabsorptionsvermögen läuft ein wechselnder Gehalt der Sphagnen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

an basischen Mineralstoffen parallel und erreicht derselbe beim Sphagnum teres seinen niedrigsten und beim Sphagnum contortum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau seinen höchsten Wert. Jenes führt fast dreimal soviel basische Nährstoffe wie dieses. Der Gesamtbasenabsorptionskoeffizient der den Mooren bei Bernau entnommenen Wiesenmoorsphagnen stellt sich für die einzelnen Sphagnenspezies verschieden hoch. Für das Sphagnum teres errechnet sich derselbe um 9,6% höher wie für das dem gleichen Moor entstammende Sphagnum contortum und um 16,9% höher als für das Sphagnum platyphyllum vom Moor am Förchensee. Die beiden Sphagnum platyphyllum-Proben weisen gleiche Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten auf, hingegen übersteigt der des Sphagnum contortum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau den des Sphagnum contortum vom Moor am Förchensee um ein bedeutendes. Bereits bei der allgemeinen Besprechung des Nährstoffgehaltes der Sphagnen hat Referent darauf hingewiesen, daß der hohe Nährstoff- und Aschengehalt des Sphagnum platyphyllum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau den gelegentlichen Nährstoffzufuhren durch Überschwemmungswasser zuzuschreiben ist, und zweifellos bedingt dieser Umstand auch dessen hohe Gesamtbasenabsorptionsgröße. Bei dieser Torfmoosprobe stellt sich der Gesamtbasenabsorptionskoeffizient scheinbar höher als für die Hochmoorsphagnen. Nun kann dem nicht so sein, denn derselbe errechnet sich im günstigsten Falle zu ca. 150 mg Wasserstoff für 100 g Sphagnentrockensubstanz. Selbst die Hochmoortorfmoose, denen das größte Basenabsorptionsvermögen zukommt, vermögen sonach Salzlösungen niemals mehr Basen zu entziehen als dem angegebenen Werte entspricht, und ist dies den Wiesenmoorsphagnen mit sicherlich dem kleineren Absorptionsvermögen erst recht nicht möglich. Torfmoose, welche einen höheren Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten als 150 mg Wasserstoff für 100 g wasserfreier Substanz entspricht, aufweisen, haben entweder außerordentlich hohe Luxuskonsumption mit Nährstoffen getrieben, oder sie enthalten — was eher zutreffen wird — eingeschwemmte Mineralstoffbestandteile, zufolge deren die Gesamtbasenabsorptionsgröße zu hoch ausfällt. Dies wird bei den Wiesenmoorsphagnen oft der Fall sein und ist bei den analysierten Proben wiederholt eingetreten, so daß fraglos die Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten bei dieser Sphagnengruppe durchweg zu hoch ausgefallen sind. In dieser Hinsicht bedürfen die vorliegenden Untersuchungen einer späteren Korrektur, wobei sich dann ergeben wird, bis zu welchem Grade die Sphagnen Luxuskonsumption mit Nährstoffen treiben.

Die lebenden Torfmoose der Wiesenmoore führen immer beträchtliche Mengen basischer Nährstoffe, und daher erscheint ein großer Prozentsatz des Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten durch dieselben als abgesättigt. Wiederum sind es das Sphagnum teres, für welches sich derselbe am niedrigsten, und das Sphagnum contortum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau, für das sich derselbe am höchsten errechnet. Mit der Nährstoffzunahme läuft eine Verminderung des wirklichen Absorptionsvermögens beider Sphagnen Hand in Hand und wenn dieselben in keinem äquivalenten prozentualen Verhältnis stehen, so ist dies eben dem Umstand beizumessen, daß ersteres Sphagnum weniger eingeschwemmte basische Mineralstoffe enthalten dürfte als letzteres. Auch weisen das Sphagnum contortum und die Sphagnum platyphyllum-Proben gegenüber dem Sphagnum

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

teres einen wesentlich höheren Prozentgehalt des durch Nährstoffe abneutralisierten Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten auf und gegenüber diesem verringert sich dementsprechend ihre wirkliche Basenabsorptionsgröße, so daß auch bei dieser Torfmoosgruppe, trotz verschiedener störenden Faktoren, die Beziehungen zu erkennen sind, welche zwischen der chemischen Zusammensetzung und dem Basenabsorptionsvermögen der Sphagnen bestehen.

Die abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen vermögen in der Regel Salzlösungen weit weniger Basen zu entziehen wie die lebenden Pflanzenteile. Dies entspricht durchaus ihrem Nährstoffgehalt, welcher sich für gewöhnlich für die abgestorbenen Torfmoose höher stellt als für die lebenden. Der Gesamtbasenabsorptionskoeffizient errechnet sich für die abgestorbenen Teile dieser Torfmoosgruppe annähernd gleich hoch, jedenfalls ergeben sich bei ihnen in demselben bei weitem nicht die hohen Differenzen wie in den lebenden. Die abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen zeichnen sich durch eine konstantere chemische Zusammensetzung aus als die lebenden und demzufolge durch eine gleichmäßigere Gesamtbasenabsorptionsgröße. Die Zusammensetzung beider Pflanzenteile hängt bekanntlich außer von dem Nährstoffgehalt des Standortes noch von dem Überschwemmungswasser und dem zugewehten Mineralstaube ab. Letztere äußere Einflüsse kommen bei den abgestorbenen Sphagnen weniger zur Geltung als bei den lebenden. Je nachdem die Torfmoose mehr Nährstoffe von unten (Grundwasser) oder von oben (Überschwemmungen, Verstaubungen) erhalten, sind das eine Mal die abgestorbenen (unterirdischen) und das andere Mal die lebenden (oberirdischen) Pflanzenteile nährstoffreicher, wie dies z. B. an den Sphagnum contortum-Proben zu ersehen ist. Führt das Grundwasser nicht allzuviel Nährstoffe, was ja meistens zutrifft, so entziehen ihm die abgestorbenen Torfmoose den größten Teil derselben; die lebenden Pflanzenteile treffen daher mit nährstoffärmerem Wasser zusammen, so daß in der Regel die abgestorbenen Sphagnen die nährstoffreichsten sind. Ihr erhöhter Gehalt an Nährstoffen wirkt ausgleichend auf das elektrische Spannungsvermögen ihrer Zellhäute und infolgedessen entnehmen sie Salzlösungen weniger Basen. Dieses findet in obiger Tabelle deutlich seinen Ausdruck. Obgleich in dem Prozentsatz, welcher angibt, wieviel von dem Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten durch Nährstoffe abgesättigt ist, keine allzugroßen Unterschiede zu verzeichnen sind, vermag man doch zu ersehen, daß mit dessen Anwachsen das Absorptionsvermögen der Torfmoose für Basen abnimmt. Gegenüber dem Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten des Sphagnum teres steigt der des Sphagnum contortum vom Moor am Bärensee um 16,8%, der des Sphagnum platyphyllum vom Moor am Förchensee um 3,4%, der des Sphagnum contortum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau um 23,4%, während der des Sphagnum platyphyllum desselben Moores um 15,9% fällt und zu konstatieren ist, daß gegenüber der wirklichen Basenabsorptionsgröße des Sphagnum teres, die des Sphagnum contortum vom Moor am Bärensee um 47,7% fällt, die des Sphagnum platyphyllum um 7,1% und die des Sphagnum contortum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau um 58,8%, hingegen die des Sphagnum platyphyllum des gleichen Moores um 26,1% größer wird. Obwohl mit der Nährstoffmehrung bezw. -Abnahme keine prozentuale gleiche Verminderung bezw.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Vermehrung des Absorptionsvermögens für Basen Hand in Hand geht, so können doch deren Beziehungen zu einander auch bei den abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen erkannt werden.

Die mittleren Nährstoffgehalte, die wirklich bestehenden Basenabsorptionsgrößen und die errechneten, sowie die durch Nährstoffe abgesättigten Prozentsätze der Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten der Torfmoose der einzelnen Sphagnengruppen, welche den bei Bernau liegenden Mooren entstammen, sind nachstehend einander gegenübergestellt.

Sphagnengruppe	Lebende Sphagnen				Abgestorbene Sphagnen			
	Der Wasserstoff von 100 g wasserfr. Sphagnen berechnet sich in mg für				Der Wasserstoff von 100 g wasserfr. Sphagnen berechnet sich in mg für			
	das wirkliche Basenabsorptionsvermögen	den Nährstoffgehalt ($CaO + MgO + K_2O$)	den Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten	Vom Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten sind durch Nährstoffe abgesättigt in %	das wirkliche Basenabsorptionsvermögen	den Nährstoffgehalt ($CaO + MgO + K_2O$)	den Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten	Vom Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten sind durch Nährstoffe abgesättigt in %
Mittelwerte für die Hochmoorsphagnen	93,7	25,31	118,01	21,4	99,1	18,61	117,71	15,8
„ „ „ Waldmoorsphagnen	80,6	37,44	118,04	31,7	83,0	32,31	115,31	28,0
„ „ „ Wiesenmoorsphagnen	51,5	70,28	121,78	57,7	26,6	98,51	125,11	78,7

Obige Tabelle zeigt, daß die verschiedenen Mittelwerte bei den **einzelnen Sphagnengruppen** fast durchweg recht verschieden ausfallen. Betrachten wir zuerst die lebenden Pflanzenteile, so sehen wir, daß das wirklich bestehende Absorptionsvermögen für Basen für die Torfmoose des Hochmoores im Mittel um 13 % höher gefunden wurde wie das der Waldmoorsphagnen und um 42 % höher als das der Wiesenmoortorfmoose. Die Trockensubstanz der Hochmoorsphagnen enthält gegenüber der der Waldmoorsphagnen auch um 47,9 % und gegenüber der der Wiesenmoortorfmoose sogar um 177,6 % weniger basische Nährstoffe. Demgemäß sind gegenüber den Torfmoosen des Hochmoores von dem Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten der Sphagnen der Waldmoore um 48 % und von dem der Wiesenmoortorfmoose um 169,6 % mehr durch Nährstoffe abgesättigt als bei jenen, und diesen Nährstoffvermehrungen stehen vorangeführte Verminderungen der wirklichen Absorptionsgrößen für Basen gegenüber.

Für die abgestorbenen Waldmoorsphagnen errechnet sich der durch Nährstoffe abneutralisierte Prozentsatz des Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten um 77,2 % und der der Wiesenmoortorfmoose um 398,1 % höher als der der Hochmoorsphagnen. Das wirkliche bestehende Basenabsorptionsvermögen stellt sich für letztere um 16,1 % größer wie das der Waldmoortorfmoose und um 71,5 % größer als das der Wiesenmoorsphagnen.

Das wirklich bestehende Basenabsorptionsvermögen der Torfmoose verläuft somit bei allen Sphagnengruppen, sowie bei den einzelnen Sphagnenspezies, umgekehrt parallel deren Nährstoffgehalten. Die hierfür erbrachten indirekten Beweise weisen einige Unvollkommenheiten und Ungenauigkeiten auf, welche Referent durch spätere Untersuchungen zu beseitigen und zu klären hofft. Trotzdem wird durch sie zur Genüge dargetan, daß die chemische Zusammensetzung die Absorptions-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

größe der Torfmoose bedingt, was noch dadurch zu erweisen war, daß von ihnen absorbierte Basen durch Wasser losgelöst und so das Basenabsorptionsvermögen beliebig vermehrt werden konnte.

Das Sphagnum contortum vom Moor am Bahnhof Waizern-Hopferau wurde seiner geringen Basenabsorptionsgröße bezw. seines hohen Gehaltes an basischen Stoffen wegen zu nachstehenden zwei Versuchen gewählt. Je 3 g der lebenden und abgestorbenen Pflanzenteile wurden in einem 300 ccm fassenden Kölbchen mit je 200 ccm neutraler 25%iger Natriumazetatlösung unter öfterem Umschütteln drei Stunden stehen gelassen, darauf von der Salzlösung abfiltriert und durch Titrieren der freigewordenen Essigsäure die wirklichen Absorptionsgrößen zu 0,0115% bezw. 0,0134% Wasserstoff ermittelt. Bei den so behandelten Torfmoosen sind keine weiteren Absorptionswirkungen mehr möglich, außer sie geben die aus der Salzlösung absorbierten Basen an Wasser wieder ab. Auf einem Nutschenfilter wurden die mit 25%iger Natriumazetatlösung digierten Sphagnen quantitativ gesammelt, durch kurzes Auswaschen mit destilliertem Wasser von der überschüssigen Salzlösung befreit und hierauf in einem großen Glasgefäß viermal mit je 4 Liter destilliertem Wasser je ½ Stunde unter Kohlensäureeinleitung ausgerührt. Nach Beendigung jeder Ausrührung wurde das jeweils benützte Wasser durch Filtrieren und Absaugen auf der Nutsche entfernt. Im Rückstand wurde wieder mittels 25%iger neutraler Natriumazetatlösung die Absorptionskraft ermittelt und für die Trockensubstanz der lebenden bezw. abgestorbenen Pflanzenteile zu 0,0489% bezw. 0,0691% Wasserstoff gefunden. Demzufolge gingen durch das viermalige Ausrühren mit kohlensäurehaltigem Wasser nicht nur die aus der konzentrierten Salzlösung absorbierten Basen verloren, sondern es müssen noch Basen ausgewaschen worden sein, die die Sphagnen schon auf ihren Standorten auf sich verdichteten, denn nach dem Ausrühren wurde deren Absorptionsvermögen für Basen höher gefunden als zuvor, und zwar für die lebenden Pflanzenteile um 325% und für die abgestorbenen um 415%.

Nach diesem Versuche war vorauszusehen, daß die Absorptionskraft der Sphagnen für Basen durch alleiniges Ausrühren mit Wasser gesteigert werden kann, ohne daß sie zuvor mit Salzlösungen digeriert werden. Zu einem quantitativen Versuch wurden von obigen Sphagnum contortum-Proben je 3 g viermal mit je 4 Liter destilliertem Wasser unter Einleitung von Kohlensäure je ½ Stunde ausgerührt und darnach deren Basenabsorptionsgröße durch Natriumazetatlösung bestimmt. Diese betrug jetzt für die Trockensubstanz der lebenden Pflanzenteile 0,0378% Wasserstoff und für die der abgestorbenen 0,0478%, sie erhöhte sich demnach durch das Waschen mit Wasser um 229 bzw. 257%.

Aber nicht nur das Basenabsorptionsvermögen der nährstoffreichen Wiesenmoorsphagnen läßt sich beliebig erhöhen, sondern auch das der viel nährstoffärmeren Hochmoorsphagnen. An Wasser geben natürlich die Hochmoortorfmoose ihre absorbierten Basen nur unvollkommen und zum Teil äußerst schwer und langsam ab, wohl aber leicht an stark verdünnte Säuren. Die diesbezüglichen Versuche — über welche an dieser Stelle später ausführlich berichtet wird — sind noch nicht abgeschlossen, doch sei erwähnt, daß es mir gelang, den lebenden Hochmoorsphagnen — durch Ausziehen mit 1/100 Normal-Salzsäure — die absorbierten

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

freien Basen als Chloride quantitativ zu entziehen und so deren Basenabsorptionskoeffizienten um ca. 23 % zu erhöhen, wobei gleichzeitig der Prozentsatz an „abneutralisierten", freien Basen und somit auch der Anteil der physiologisch gebundenen Nährstoffe gefunden wird.

Hieraus geht in unzweideutiger Weise hervor, daß es nur die absorbierten basischen Nährstoffe sind, welche das kleinere oder größere Absorptionsvermögen der Sphagnen bewirken. Da die Waldmoor- und Wiesenmoortorfmoose weit mehr absorbierte basische Nährstoffe führen als die Hochmoorsphagnen, so müssen erstere notwendigerweise eine beträchtlich kleinere Absorptionsgröße für Basen aufweisen wie letztere.

C. Rückblick.

Die wichtigsten Ergebnisse vorliegender Untersuchungen über den Nährstoffgehalt der Sphagnen und ihr Absorptionsvermögen für Basen lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Die Sphagnen nehmen mehr Nährstoff auf als zum normalen Gedeihen erforderlich ist, und zwar treiben die verschiedenen Sphagnenarten in wechselndem Grade Luxuskonsumption. Demzufolge weicht die chemische Zusammensetzung der einzelnen Sphagnengruppen stark von einander ab. Die Torfmoose des Hochmoores führen am wenigsten und die der Wiesenmoore am meisten Nährstoffe, während die der Waldmoore diesbezüglich die Mittelstellung einnehmen.

2. Selbst die Torfmoose ein und derselben Gruppe können je nach Standort größere Unterschiede in ihrem Nährstoffgehalt aufweisen, doch sind diese für die Sphagnen der Hochmoore bei weitem nicht so groß wie für die der Wald- oder Wiesenmoore.

3. In der chemischen Zusammensetzung der lebenden Sphagnenteile ergaben sich gegenüber der der abgestorbenen bedeutende Abweichungen. Die abgestorbenen Teile der Hochmoor- und Waldmoorsphagnen sind immer ärmer an fast sämtlichen Nährstoffen als die lebenden, was bei den Wiesenmoorsphagnen gewöhnlich nicht zutrifft.

4. Die abgestorbenen Pflanzenteile aller Sphagnen enthalten stets weniger Kali, Phosphorsäure und Stickstoff wie die lebenden und ihre Kaliabnahme ist größer und die Stickstoffabnahme kleiner.

5. Auch an Magnesia führen die abgestorbenen Hochmoortorfmoose im Mittel um ca. 13 % weniger als die lebenden; dagegen stellt sich in beiden Pflanzenteilen der Waldmoorsphagnen der Magnesiagehalt annähernd gleich hoch, während die abgestorbenen Wiesenmoortorfmoose an diesem Nährstoff wesentlich mehr enthalten wie die lebenden.

6. In der Regel bleibt sich der Kalkgehalt der lebenden und abgestorbenen Hochmoorsphagnen gleich, hingegen sind die abgestorbenen Pflanzenteile der Torfmoose der Wald- und Wiesenmoore stets reicher an Kalk als die lebenden.

7. Der zu geringe Gehalt vieler Moore an manchen Nährstoffen ist einer der Faktoren, die deren Umbildung zu Hochmoor veranlassen. Es dürfte die allzugroße Kaliarmut dieser Böden sein, welche die Ansiedlung von Wiesenmoorsphagnen ermöglicht, die immer stärkere Zurückdrängung der Wiesenmoorflora bedingt und somit den direkten Anlaß zur Bildung von Hochmoor gibt.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

8. Bei den ersten Hochmoorbildungen genügt die assimilierbare Phosphorsäure der Moore vollauf zum gedeihlichen Fortkommen der Wiesenmoorvegetation; in den späteren Entwicklungsstadien der Hochmoore trifft dies keineswegs mehr zu. Hier ist es die Phosphorsäurearmut des Bodens, welche das alleinige Auftreten der Hochmoorflora und damit die typische Hochmoorbildung ermöglicht.

9. Trotz des relativ hohen prozentischen Gehaltes der wasserfreien Torfmoose an Nährstoffen gehören sie in Wirklichkeit doch zu den nährstoffärmsten Pflanzen, denn im frischen Zustande enthalten sie nur ca. 5% Trockensubstanz, so daß sich der eigentliche Nährstoffgehalt zwanzigmal niedriger stellt als der auf die wasserfreien Sphagnen berechnete.

10. Den Torfmoosen der Hochmoore kommt das größte und denen der Wiesenmoore das kleinste Absorptionsvermögen für Basen zu, während das der Waldmoorsphagnen die Mittelstellung zwischen den beiden andern Gruppen einnimmt.

11. Meistens stellt sich das Basenabsorptionsvermögen der abgestorbenen Torfmoose der Hoch- und Waldmoore um einge Prozente höher wie das der lebenden, dagegen das der abgestorbenen Wiesenmoorsphagnen für gewöhnlich beträchtlich niedriger als das der lebenden.

12. Die Vermehrung bezw. Verminderung der wirklich bestehenden Absorptionskraft der Torfmoose für Basen läuft im umgekehrten Verhältnis mit ihren kleineren oder größeren Gehalten an basischen Mineralbestandteilen.

13. Die Beziehungen zwischen der wirklichen Basenabsorptionsgröße und dem Nährstoffgehalt der Sphagnen finden deutlich ihren Ausdruck in dem durch Nährstoffe abgesättigten Prozentsatz des Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten derselben, insofern als ein diesbezüglicher hoher Prozentsatz ein niedriges und ein niedriger Prozentsatz ein hohes Absorptionsvermögen der Torfmoose für Basen anzeigt.

14. Unter jeder Sphagnengruppe gibt es Torfmoose, welche einen verhältnismäßig hohen und solche, welche einen relativ niedrigen Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten aufweisen, woraus hervorgeht, daß die Gesamtsumme der freien Basen, welche die Sphagnen auf der Zellhaut ihrer hyalinen Zellen zu verdichten (absorbieren) vermögen, selbst unter den Sphagnen ein und derselben Gruppe verschieden groß ist.

15. Wegen des größeren Gehaltes an physiologisch gebundenen Nährstoffen und infolge eingeschwemmter Mineralbestandteile errechnen sich bei den Sphagnen der Wiesenmoore stets und mitunter auch bei denen der Waldmoore die Gesamtbasenabsorptionskoeffizienten erheblich zu hoch, so daß deren diesbezügliche Mittelwerte scheinbar ungefähr gleich gefunden werden.

16. Durch getrennte Bestimmung der physiologisch und absorptiv gebundenen Nährstoffe sowie der etwa eingeschwemmten Mineralsubstanzen wird einwandfrei erwiesen, daß die Basenabsorptionswirkungen in der Tat von der Zellhaut der hyalinen Sphagnumzellen ausgehen und daß deren Stärke von ihrer Größe abhängt.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
A. Einleitung	1
B. Der Nährstoffgehalt der Sphagnen, ihr Absorptionsvermögen für Basen und die Abhängigkeit desselben von den Nährstoffgehalten	7
I. Der Nährstoffgehalt der Sphagnen im allgemeinen	7
1. Hochmoorsphagnen	10
2. Waldmoorsphagnen	14
3. Wiesenmoorsphagnen	19
II. Die Unterschiede in der mittleren Zusammensetzung der drei Sphagnengruppen, die Nährstoffdifferenzen derselben Sphagnen verschiedenen Standortes, sowie diejenigen der lebenden und abgestorbenen Sphagnenteile und die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe bei der Bildung von Hochmoor	24
1. Die Unterschiede im mittleren Nährstoffgehalt der Hochmoor-, Waldmoor- und Wiesenmoorsphagnen	27
2. Die Unterschiede in der Zusammensetzung derselben Sphagnenarten verschiedenen Standortes	30
3. Die Unterschiede im Nährstoffgehalt der lebenden und abgestorbenen Sphagnen und die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe bei der Bildung von Hochmoor	37
III. Die Absorptionsgröße der Sphagnen für Basen im allgemeinen	55
1. Hochmoorsphagnen	58
2. Waldmoorsphagnen	63
3. Wiesenmoorsphagnen	64
IV. Die Unterschiede in der Absorptionsgröße der drei Sphagnengruppen für Basen und deren Abhängigkeit von dem Nährstoffgehalt derselben	67
1. Die Unterschiede in der Absorptionsgröße der drei Sphagnengruppen für Basen	67
2. Die Abhängigkeit der Absorptionsgröße der Sphagnen für Basen von dem Nährstoffgehalt derselben	70
C. Rückblick	82

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Untersuchungen über die Humussäuren. IV.

Die Untersuchungen von Prof. Dr. Tacke und Prof. Dr. Süchting über die Humussäuren.

Von Dr. Eugen Gully, Assessor der K. Moorkulturanstalt.

Einleitung.

Die in Heft 4 der Mitteilungen der K. B. Moorkulturanstalt von A. Baumann und E. Gully veröffentlichte Arbeit: „Untersuchungen über die Humussäuren. II. Die „freien Humussäuren" des Hochmoores. Ihre Natur, ihre Beziehungen zu den Sphagnen und zur Pflanzenernährung"[1]) brachten neue Anschauungen über die Natur und Beschaffenheit der sogen. Humussäuren. Die darin ausgesprochenen Ansichten stehen im Gegensatz zu der alten Humussäuretheorie und es war daher selbstverständlich, daß dieselben nicht kritiklos aufgenommen würden.

Durch mündliche Übermittlung und sonstige Mitteilungen, zumal in den Protokollen der preußischen Zentralmoor-Kommission, wurden wir frühzeitig davon unterrichtet, daß die an der Bremer Moorversuchsstation tätigen Herren an den alten Meinungen festhielten und unseren Auffassungen entgegentreten würden. Unsere Erwartungen steigerten sich umsomehr, je bestimmter vorläufige Mitteilungen den sicheren Nachweis der bisher hypothetisch angenommenen Existenz der Humussäuren ankündigten. Wir erwarteten eine mit allen Mitteln der heutigen Chemie und mit voller Beherrschung der Methoden der physikalischen Chemie durchgeführte mustergültige Arbeit der Humussäurefrage.

Ebenso machten wir uns auf eine sachliche Widerlegung unserer Arbeit gefaßt, waren aber hinsichtlich der gewählten Form sehr enttäuscht. Unter Verzicht auf eine derartige Erwiderung wollen wir uns begnügen, die Unhaltbarkeit der Angriffspunkte im folgenden darzutun.

Bedauerlicherweise gehen die Gegner nicht auf die einzelnen Ergebnisse unserer Arbeit ein. Obwohl Tacke und Süchting[2]) nur eine beschränkte Zahl von Versuchen einer „Nachprüfung" unterziehen, halten sie die dabei gewonnenen Resultate von solcher Tragweite, daß sie 20 Sätze aufstellen, um die Bedeutung ihrer Untersuchungen zu kennzeichnen.

[1]) Mitt. d. K. B. Moorkulturanstalt, H. 4, S. 31—156, Ulmer, Stuttgart 1910.
[2]) Tacke und Süchting, Über Humussäuren. Landw. Jahrb. 1911, H. 5, S. 717—754.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Da mein Mitarbeiter plötzlich verstorben ist, beeile ich mich, unsere Nachuntersuchungen bekanntzugeben, wenn dieselben auch nicht den anfänglich geplanten Umfang erreicht haben. Die zur Veröffentlichung kommenden Daten scheinen mir aber zur richtigen Beurteilung des wissenschaftlichen Wertes der Untersuchungen von Tacke und Süchting auszureichen.

Unsere vielseitigen Untersuchungen über die Humussäuren ergaben, daß wir es bei den sogen. „freien Humussäuren" überhaupt mit keinen Säuren zu tun haben. Die Übereinstimmung, welche man im Verhalten natürlicher und künstlicher Humussäuren bemerkt, führten wir auf ihren physikalischen Zustand zurück. Wir zeigten, daß nicht nur die abgestorbenen, vertorften Sphagnenteile und der Hochmoortorf scheinbare Säurewirkungen ausüben, daß dies vielmehr in ungeschwächtem Maße auch die lebenden Sphagnen tun. Unsere Versuche genügten uns als Beweis dafür, daß ein und dieselbe Substanz in den Sphagnen und im Moostorf die Säurewirkungen vortäuscht. Als Substanz, welche die säureähnlichen Wirkungen ausübt, bezeichneten wir die Haut der hyalinen Sphagnumzellen und sprachen uns dahin aus, daß das, was man Sphagnumsäure und Humussäure genannt hat, nichts anderes ist als die Absorption durch die kolloidale Haut der hyalinen Sphagnumzellen. Mit dieser neuen Anschauung war natürlich das Urteil über die Beschaffenheit und Eigenschaften der „freien Humussäuren" gesprochen.

Begreiflich ist es, wenn sich einige mit dieser neuen Auffassung der Sachlage, die mit der alten Humussäurelehre aufräumt, nicht befreunden. Sie müssen sich damit so lange abfinden, bis es ihnen glückt, unsere erbrachten Beweise zu widerlegen, daß die eigentümlichen Erscheinungen, welche man den freien Humussäuren beigelegt hat, auf Kolloidwirkungen zurückzuführen sind.

Tacke und Süchting haben bloß einen Bruchteil der vielen Beweise für die Nichtexistenz der Humussäuren nachgeprüft, sind demnach keinenfalls berechtigt, ein endgültiges Urteil über unsere Untersuchungen auszusprechen. Sie haben auch Abstand genommen, gerade die einfachsten und am raschesten ausführbaren Versuche (Säureabspaltung, Salzbildung [Neutralisierung], Hysteresis usw.) zu kontrollieren, aus denen am augenfälligsten hervorgeht, daß in den Sphagnen und im Moostorf keine freien Säuren sein können. Dann führten sie ihre „Nachprüfungen" bezeichnenderweise nur mit Moostorf, aber niemals mit lebenden Sphagnen aus. Gerade die gleichzeitige Versuchsanstellung mit Sphagnen und Moostorf ist unbedingt erforderlich, weil ja gezeigt werden soll, daß die beiden Substanzen dieselben Wirkungen hervorrufen, also gleiche Ergebnisse zeitigen.

Da unsere Gegner ihre Versuche nicht einmal auf beide Substanzen ausdehnten, auf welche es bei den Untersuchungen abgesehen war, so berührt ihr Vorwurf, warum wir unsere Versuche nicht vergleichsweise mit einem anderen Kolloid anstellten, recht eigentümlich. Wir wollen ihnen aber verraten, daß wir eine weit erheblichere Zahl von Kolloidstoffen in den Bereich der Betrachtungen einbezogen hatten, als sie es taten. Um die Übersichtlichkeit der Arbeit nicht zu stören und um unsere Darlegungen nicht noch umfangreicher zu gestalten, hielten wir es für angezeigt, uns streng im Rahmen des Gegenstandes zu halten. Im

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

nachfolgenden sind daher zum Teil Untersuchungen enthalten, die als Vorarbeiten unserer Humussäureforschungen dienten.

Einen weiteren „Vorwurf" wollen uns Tacke und Süchting „nicht ersparen", weil wir die analytischen Einzeldaten nicht anführten, wodurch eine wirksame kritische Beurteilung der Versuchsergebnisse von vornherein unterbunden sei. Bei den Versuchen benutzten wir in der Regel gleiche Substanz- (3 g lufttr. Subst.) und Flüssigkeitsmengen (200 ccm), die Versuchsanordnung blieb sich also immer gleich. Sobald die Einwage oder die Konzentration der Lösung wechselte, wurde dies in den Tabellen oder im Text selber zum Ausdruck gebracht. Bei einer so ausgedehnten Arbeit hätte die Angabe aller Analysendaten zu einem unübersichtlichen Zahlenwerk geführt. Es ist nebensächlich, ob z. B. bei den Absorptionsbestimmungen bei gegebener Einwage und Stärke der Salzlösung diese oder jene Kubikzentimeterzahl Lauge zur Abneutralisierung der durch die Basenabsorption in Freiheit gesetzten Säure erforderlich war. Maßgebend bleiben die Endbefunde, es müßte denn sein, daß unrichtige Angaben oder Berechnungen vorausgesetzt werden. Das Fehlen der einzelnen Analysendaten hat übrigens Tacke und Süchting an der kritischen Beurteilung unserer Versuche und Ergebnisse keinesfalls behindert, denn sonst könnten sie nicht die entgegengesetzte Anschauung vom Wesen der Humussäuren vertreten wie wir.

Tacke und Süchting haben verschiedene unserer Versuche einer Nachprüfung unterzogen, die wir ihrer Meinung nach als besonders starke Stützen für die Nichtexistenz der Humussäuren ansehen. Dabei haben sie das überraschende Resultat erhalten, daß in der Überzahl der Fälle ihre „Bedenken" nur zu gerechtfertigt waren. Ihre Versuche sollen häufig zu Resultaten geführt haben, die den Baumann-Gullyschen Ergebnissen diametral gegenüberstehen. Betrachten wir nun einmal diese Resultate:

1. Verhalten des Moostorfes und der Hochmoorsphagnen gegen Tricalciumphosphat.

Höchst interessant war es, den Ursachen nachzugehen, warum unsere Gegner bei ihren Versuchen zu Ergebnissen kamen, die mit den unserigen nicht in Einklang zu bringen sind. Die ersten Untersuchungen von Tacke und Süchting betreffen die Wechselwirkung zwischen Moostorf und Tricalciumphosphat und führten zur Aufstellung nachstehender Sätze:

1. Moostorf macht aus Tricalciumphosphat um so weniger Phosphorsäure frei, in je größerer Menge er bei gleicher Verdünnung mit Wasser auf das Phosphat einwirkt.

2. Die gleiche Menge Moostorf macht aus größeren Mengen Phosphat auch größere Mengen Phosphorsäure löslich.

Mit diesen zwei Sätzen sprechen Tacke und Süchting das Gegenteil von dem aus, was wir bei den Versuchen mit Sphagnen oder Moostorf, Wasser und Tricalciumphosphat konstatierten. Die Untersuchungen, welche wir früher (Tabelle 1) bezw. nachträglich (Tabelle 1a) hierüber anstellten, sowie die unserer Gegner (Tabelle 2), sind aus folgenden Zusammenstellungen ersichtlich.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Tabelle 1.

Nr. des Verſuches		Angew. luftr. Subſtanz in g	Zugegeben $Ca_3(PO_4)_2$ in g	Zugegeben Waſſer in ccm	Einwirkungsdauer in Stunden	100 g Trockenſubſtanz löſen P_2O_5 in g	
						Sphagnen	Moostorf
A	1	3	2,183	100	3	1,823	2,212
A	2	15	2,183	500	3	1,823	2,220
B	3	30	2,183	1000	3	1,844	2,233
B	4	30	21,830	1000	3	1,803	2,199
	5	3	2,183	100	6	1,796	2,263
	6	15	10,915	500	6	1,844	2,220
	7	30	21,830	1000	6	1,717	2,139
	8	6	2,183	200	3	1,947	2,293
	9	6	2,183	600	3	2,324	2,223
	10	6	2,183	1200	3	2,305	2,601
	11	3	2,183	600	3	2,403	2,548
	12	15	2,183	600	3	1,780	2,130
	13	—	2,183	600	3	in Löſung gehen pro 1000 ccm	5,92 mg Ca O 15,01 mg P_2O_5
	14	—	2,183	1200	3	in Löſung gehen pro 1000 ccm	5,44 mg Ca O 9,02 mg P_2O_5

Tabelle 1a.

A	1	3	2,183	100	3	2,19
A	2	15	2,183	500	3	2,22
B	3	30	2,183	1000	3	2,07
B	4	30	2,183	1000	3	2,17

Tabelle 2.

Nr. des Verſuches		Trockener Moostorf im		Dazu		Behandlung	P_2O_5 gefunden		P_2O_5 insgeſamt gefunden in g	P_2O_5 freigemacht durch 100 g trockenen Torfes in g
		friſchen Zuſtand in g	trockenen Zuſtand in g	$Ca_3(PO_4)_2$ in g	H_2O in ccm		in ccm Filtrat	in g		
A	1	3 (15,2)	—	2,293	100	Drei Stunden gerührt	40 50	0,0288 0,0349	0,0808 0,0783	2,65
A	2	15 (76,0)	—	2,293	500		200 200	0,1065 0,1057	0,2987 0,2965	1,98
B	3	30 (152,0)	—	2,293	1000		200 200	0,0856 0,0872	0,4802 0,4892	1,62
B	4	30 (152,0)	—	22,930	1000		200 200	0,1261 0,1251	0,7074 0,7018	2,35
	5	3 (15,2)	—	1,147	600		200 200	0,0284 0,0277	0,0869 0,0848	2,86
	6	6 (30,4)	—	2,293	600		200 200	0,0483 0,0498	0,1508 0,1555	2,55
	7	15 (76,0)	—	5,733	600		200 200	0,1026 0,1027	0,3391 0,3394	2,26
	8	6 (30,4)	—	2,293	1200		200 200	0,0285 0,0271	0,1751 0,1659	2,84
	9	—	—	2,293	200		150	0,0215	0,0287	0,143 g P_2O_5 in Löſung gehen pro 1000 ccm
	10	—	—	2,293	1200		200	0,0055	0,0330	0,0275 g P_2O_5
	11	—	—	2,293 + 25ccm H_3PO_4	175		150	0,0447	0,0596	—
	12	—	—	2,293 + 150 ccm H_3PO_4	1050		200	0,0500	0,3000	—
	13	—	—	25 ccm H_3PO_4	—		—	—	0,0297 0,0297	—
	14	3 (25,3)	—	2,293	100		50 50	0,0354 0,0356	0,0866 0,0871	2,90
	15	—	3 (bei 130° getr.)	2,293	122,3		75 75	0,0560 0,0545	0,0913 0,0888	3,00
	16	—	3 (bei 130° getr.)	2,293	122,3		75 75	0,0554 0,0536	0,0903 0,0874	2,96
	17	—	6 (bei 150° getr.)	4,586	244,6		100 100	0,0641 0,0661	0,1568 0,1617	2,65

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Die Wiederholung der Versuche A und B, welche sich auf obige zwei Sätze beziehen, zeitigten (Tabelle 1a) dieselben Ergebnisse wie früher, nämlich:

1. Wirken verschiedene Mengen Sphagnen oder Moostorf bei gleichmäßiger Verdünnung mit Wasser auf die gleiche Menge Tricalciumphosphat ein, so lösen sich, auf dasselbe Gewicht Trockensubstanz berechnet, fast dieselben Mengen Phosphorsäure auf.

2. Die gleiche Menge Sphagnen oder Moostorf bringt bei gleicher Wassermenge aus sehr verschiedenen Mengen Tricalciumphosphat annähernd dieselbe Quantität Phosphorsäure in Lösung.

Bei gleicher Versuchsanstellung kommen demnach gegenteilige Resultate heraus. Dies kann nur möglich sein, wenn die aufeinander wirkenden Versuchssubstanzen ungleiche Eigenschaften aufweisen.

Der eine in Frage kommende Faktor, der Reinheitsgrad des Wassers, muß ausgeschaltet werden, denn bei allen Versuchen wurde beiderseits stets ausgekochtes, destilliertes Wasser verwendet.

Hingegen könnte eine wesentlich voneinander abweichende chemische Zusammensetzung der Moostorfe die Versuchsergebnisse störend beeinflussen. Hierüber läßt sich nichts bestimmtes aussagen, weil die Gegner ihr Versuchsmaterial nicht charakterisiert haben. Zu ersehen ist jedoch, daß bei Tacke und Süchting ein frischer Moostorf mit 19,73 % und bei uns ein lufttrockener mit 84,26 % Trockensubstanz auf das Tricalciumphosphat einwirkten. Die Versuche sind demnach streng genommen nicht vergleichbar, denn der hohe Wassergehalt des einen Torfes bedingt wahrscheinlich einen größeren Kohlensäuregehalt der Versuchssubstanz. Der Kohlensäuregehalt der Lösung ist aber maßgebend für den Löslichkeitsgrad und die Reaktionsgeschwindigkeit des Phosphats, so daß die Reaktionsflüssigkeiten wechselnde Mengen Phosphorsäure in variierenden Bindungsformen enthalten, wodurch voneinander abweichende Endresultate herbeigeführt werden können. Diese Annahme vermögen Tackes und Süchtings Versuche 14 bis 16 nicht zu entkräften, denn sie beziehen sich auf Versuchsbedingungen ganz anderer Art, wobei Wasser- und Moostorfmenge konstant gehalten wurden.

Betrachten wir nun die Eigenschaften der gebrauchten Tricalciumphosphate, so kommen wir zu dem Faktor, der die sich widersprechenden Ergebnisse am meisten, wenn nicht ganz verschuldet hat. Die in Anwendung gekommenen Phosphate weisen ein voneinander abweichendes Löslichkeitsvermögen in Wasser auf. Je nach der Wassermenge, welche auf die Phosphate einwirkt, gehen wechselnde Quantitäten Phosphorsäure in Lösung. Tacke und Süchting rührten je 2,293 g Tricalciumphosphat drei Stunden mit 200 bezw. 1200 ccm Wasser aus und konstatierten in den Gesamtvolumen 28,7 bezw. 33,0 mg Phosphorsäure. Dieselbe Phosphatmenge gab also im letzten Falle mehr Phosphorsäure an das Wasser ab. Dies ist jedoch nur insofern richtig, als wir den Gesamtbetrag der in Lösung gegangenen Phosphorsäure im Auge haben, aber nicht, wenn wir den Konzentrationsgrad der Phosphatlösungen vergleichen. Es ergibt sich nämlich das Umgekehrte, denn — berechnet auf 1 Liter — hatten sich bei Einwirkung der kleineren (200 ccm) Wassermenge 143,0 und bei der der größeren (1200 ccm) 27,5 mg Phosphor-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

säure gelöst. In ersterem Falle resultiert demnach eine höher prozentige Phosphatlösung als in letzterem.

Die Löslichkeit des Tricalciumphosphats in Wasser, das wir bei den Versuchen benutzten, weicht erheblich von derjenigen des Phosphats unserer Gegner ab. Unser Tricalciumphosphat gab — bezogen auf 1 Liter — an die kleine Wassermenge 15,01 und an die große 9,02 mg Phosphorsäure ab. Aus der gleichen Phosphatmenge gingen im ersten Fall 9,00 und im letzten 10,82 mg Phosphorsäure in Lösung. Die Sphagnen und der Moostorf wirkten bei uns auf Salzlösungen ein, die prozentisch annähernd gleich viel Phosphorsäure und Kalk enthielten. Es ist daher leicht begreiflich, daß bei unserer Versuchsanstellung stets ungefähr dieselbe Menge Phosphorsäure in Lösung ging. Die Unterschiede, die nach dem Absorptionsgesetz bei der etwas phosphorsäurereicheren Lösung eintreten sollten, werden dadurch ausgeglichen, daß eine verstärkte Einwage die Basenabsorption erniedrigt.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei dem Versuch A von Tacke und Süchting. Hier werden die Absorptionswirkungen auf Salzlösungen wechselnder Konzentration ausgeübt. Bei dem Versuch 1 liegt eine viel höher prozentige Phosphatlösung vor als bei den Versuchen 2 und 3. In der phosphorsäurereicheren Lösung muß die Phosphorsäure ganz oder vorwiegend als Monocalciumphosphat vorhanden sein, während die an Phosphorsäure ärmeren Lösungen teils Mono-, teils Dicalciumphosphate enthalten. Um die Basenabsorption der Sphagnen bezw. des Moostorfes ins Gleichgewicht zu bringen, muß bei Anwendung von weniger Wasser beträchtlich mehr Phosphorsäure in Lösung gebracht werden als bei Gebrauch von mehr Wasser. Die wechselnden Einwagen vermögen nicht mehr die wesentlich veränderte Reaktionsfähigkeit des Phosphats bei wechselnden Wassermengen zu kompensieren.

Wenn Tacke und Süchting hinsichtlich der Versuche A zu anderen Resultaten gelangten als wir, so ist dies nach vorstehend Gesagtem ganz natürlich. Ihre dabei erhaltenen Ergebnisse widersprechen keineswegs den Schlußfolgerungen, die wir aus den Versuchen über die Wechselwirkung zwischen Sphagnen oder Moostorf und Tricalciumphosphat gezogen haben, bestätigen vielmehr dieselben. Sie sind weitere Beweise dafür, daß es unmöglich ist, die Menge der durch Sphagnen oder Moostorf gelösten Phosphorsäure als Maß für die darin enthaltene „freie Humussäure" zu benützen. Diese Menge wechselt außerordentlich nach den Versuchsbedingungen und ist abhängig von dem Löslichkeitsgrade des Phosphats in Wasser sowie von der Wassermenge selbst. Die Versuche 1, 2 und 3 unserer Gegner lassen sogar besser als die unserigen erkennen, daß Kolloidwirkungen vorliegen. Denn wie erklären sich sonst Tacke und Süchting die Tatsache, daß bei ihrem Versuche 1 weit mehr Phosphorsäure in Lösung geht als bei den Versuchen 2 und 3. Wäre in den Sphagnen oder im Moostorf schwer lösliche „freie Humussäure" vorhanden, so müßte doch gerade das Entgegengesetzte von dem zutreffen, was sie konstatierten. Denn die größere Wassermenge enthielte mehr freie Säure, die doch auch einen höheren Betrag an Phosphorsäure in Lösung bringen müßte. Des weiteren ist es unbegreiflich, wie so schwer lösliche Säuren — wie es die Humussäuren sein sollen — die Aufschließung des Tricalcium-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

phosphats in einer verhältnismäßig kurzen Zeit bewirken und zum Abschluß bringen. Gerade das Gegenteil bekräftigen die Versuche 9, 11, 12 und 13 von Tacke und Süchting. Nach Versuch 9 geben 2,293 g Tricalciumphosphat drei Stunden mit 200 ccm Wasser ausgerührt an dieses 28,7 mg Phosphorsäure ab. Bei Versuch 11 wurde die gleiche Menge Phosphat mit 175 ccm Wasser + 25 ccm einer Phosphorsäurelösung behandelt, die 29,7 mg Phosphorsäure enthielt. Im Gesamtflüssigkeitsvolumen (200 ccm) fanden sich 59,6 mg Phosphorsäure. Rechnen wir nun die zugesetzten 29,7 mg Phosphorsäure von dieser Zahl ab, so verbleiben 29,9 mg Phosphorsäure, die aus dem Phosphat in Lösung gingen. Obwohl bei Versuch 11 ein nicht unbeträchtlicher Phosphorsäurezusatz erfolgte, wurde aus dem Tricalciumphosphat fast dieselbe Quantität Phosphorsäure in Freiheit gesetzt wie ohne Phosphorsäurezusatz. Wie sollen nun die schwächeren, sehr schwer löslichen Humussäuren die Aufschließung des Tricalciumphosphates bewirken? Ich glaube, hierfür werden unsere Gegner kaum eine befriedigende Erklärung finden.

Dann bleibt noch eine weitere Frage zu besprechen, der Tacke und Süchting keine Beachtung schenken. Die Kalkhumate — also die Kalksalze der sogenannten Humussäuren — sollen unlösliche Substanzen sein. Wirken Humussäuren und Kalkphosphat in gelöstem Zustande aufeinander, so müßte sich unlöslicher humussaurer Kalk abscheiden und dafür eine äquivalente Menge Phosphorsäure frei werden. Nachstehende Tabelle 3 gibt die Kalk- und Phosphorsäurequantitäten an, die bei uns unter den verschiedenen Bedingungen in Freiheit gesetzt wurden.

Tabelle 3.

Nr. des Versuches	Angew. lufttr. Substanz in g	Zugegebenes $Ca_3(PO_4)_2$ in g	Zugegebenes Wasser in ccm	Einwirkungsdauer in Stunden	CaO in 100 ccm Filtrat in mg		P_2O_5 in 100 ccm Filtrat in mg		100 g Trockensubstanz lösen CaO in g		100 g Trockensubstanz lösen P_2O_5 in g	
					Sphagnen	Moostorf	Sphagnen	Moostorf	Sphagnen	Moostorf	Sphagnen	Moostorf
1	3	2,183	100	3	9,076	16,133	44,80	56,20	0,369	0,636	1,823	2,212
2	15	2,183	500	3	9,882	18,150	44,80	56,33	0,402	0,715	1,823	2,220
3	30	2,183	1000	3	9,277	16,033	45,33	56,66	0,377	0,636	1,844	2,233
4	30	21,830	1000	3	7,411	14,116	44,33	55,80	0,301	0,556	1,803	2,199
5	3	2,183	100	6	8,923	15,409	44,13	57,46	0,363	0,607	1,796	2,263
6	15	10,915	500	6	8,822	15,630	45,33	56,33	0,359	0,616	1,844	2,220
7	30	21,830	1000	6	8,571	15,377	42,20	54,26	0,357	0,606	1,717	2,139
8	6	2,183	200	3	10,584	19,353	47,86	58,20	0,430	0,762	1,947	2,293
9	6	2,183	600	3	4,435	7,358	19,04	18,80	0,541	0,870	2,324	2,223
					3,528	**6,451**	**15,95**	**19,40**				
10	6	2,183	1200	3	2,545	3,850	9,44	11,00	0,621	0,910	2,305	2,601
					1,764	**3,225**	**7,97**	**9,70**				
11	3	2,133	600	3	2,408	3,697	9,84	10,77	0,588	0,874	2,403	2,548
12	15	2,183	600	3	8,361	11,270	36,50	45,22	0,408	0,530	1,780	2,130
					1,672	**2,254**	**7,30**	**9,04**				

Obige Angaben beziehen sich auf die Kalk- und Phosphorsäuregehalte der Filtrate sowie auf die absoluten Kalk- und Phosphorsäuremengen, welche jeweils 100 g wasserfreie Substanz in Lösung brachte.

Wäre die Aufschließung des Tricalciumphosphates auf eine freie Säure zurückzuführen, so hätte dieselbe wohl bei verschiedenen Substanz- und Wasser-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

mengen die gleichen Quantitäten des Phosphates aufgelöst und zwar Kalk und Phosphorsäure im gleichen Verhältnis. Die gewöhnliche Annahme, daß hierbei nur Monocalciumphosphat gebildet wird, hat sich als unhaltbar erwiesen. Auch unsere Untersuchungen[1]) haben dargetan, daß mehr Phosphorsäure abgeschieden wird als im Monocalciumphosphat enthalten ist. Ein wässeriger Tricalciumphosphatauszug enthält niemals mehr Phosphorsäure als dem Mono- oder Dicalciumphosphat bezw. einem Gemisch beider Verbindungen entspricht. Wir stellten früher (H. 4, S. 41) fest, daß 100 g wasserfreie Sphagnen im Mittel neben 1,807 g Phosphorsäure noch 0,360 g Kalk und 100 g Moostorftrockensubstanz im Mittel 2,212 g P_2O_5 bezw. 0,624 g CaO gelöst hatten. Wäre der Kalk als Monocalciumphosphat in Lösung gegangen, so hätten sich auf 0,360 g CaO nur 0,911 g P_2O_5 und auf 0,624 g CaO nur 1,582 g P_2O_5 im Filtrat finden sollen. In beiden Fällen muß freie Phosphorsäure gebildet worden sein und zwar ist im Sphagnenfiltrat ca. die Hälfte und im Moostorffiltrat ca. zwei Drittel der gesamten Phosphorsäure als freie Phosphorsäure vorhanden. Solche Phosphorsäuremengen wirken nach den Versuchen 9 und 11 von Tacke und Süchting bei einer Verdünnung auf 200 ccm nicht aufschließend auf das Phosphat ein. Ginge die Aufschließung des Triphosphates von Säuren aus, so müßte sich aus der in Freiheit gesetzten freien Phosphorsäure der Säuregehalt der einwirkenden Substanz berechnen lassen. 100 g Sphagnen- bezw. Moostorftrockensubstanz brachte aus dem Phosphat 1,807 bezw. 2,212 g P_2O_5 in Lösung. Der vorhandene Kalk reichte zur Bindung von 0,911 bezw. 1,582 g P_2O_5. Sonach stellt sich der Anteil an freier P_2O_5 auf 0,896 bezw. 0,630 g. Der Prozentgehalt der Sphagnen bezw. des Moostorfes an freier Säure würde sich auf 0,382 bezw. 0,266 % Wasserstoff berechnen, also um ca. 250 bis 400 % höher, wie nach der Bestimmungsmethode von Süchting. Säurewirkungen können demnach hier nicht in Betracht kommen, wohl aber Absorptionen von Kolloiden.

Da bereits die aus dem Phosphat in Lösung gegangene freie Phosphorsäure nicht als Maß für die in den Sphagnen oder im Moostorf enthaltene „freie Humussäure" zu benützen ist, kann dies für die in Freiheit gesetzte gesamte Phosphorsäure erst recht nicht der Fall sein. Letzteres ist um so weniger statthaft, als fast jede neue Versuchsanordnung einen andern Phosphorsäurewert ergibt. Insbesondere wechselt dieser, wenn verschiedene Substanz- oder Wassermengen auf die gleiche Menge Phosphat einwirken. Recht anschaulich geht dies aus den Versuchen 8 bis 12 der Tabelle 3 hervor. Bei Versuch 10 brachten 100 g wasserfreie Sphagnen bezw. Moostorf 11,8 bezw. 11,4 % mehr Phosphorsäure aus dem Phosphat in Lösung als bei dem Versuch 8. Hingegen wurden bei dem Versuch 12 um 26,0 bezw. 16,4 % weniger Phosphorsäure aus dem Tricalciumphosphat aufgeschlossen als bei dem Versuch 11. Wir kommen hier zu dem Ergebnis, daß bei gleichbleibender Einwage und Phosphatmenge die größere Wassermenge mehr Phosphorsäure löst, während bei unveränderten Quantitäten Wasser und Phosphat die größere Einwage weniger Phosphorsäure frei macht. Wir erkennen dabei, daß die vermehrte Abspaltung der Phosphorsäure lediglich eine Funktion des Wassers ist.

[1]) Mitt. d. K. Moorkulturanstalt, Heft 4, S. 40—43. Ulmer, Stuttgart 1910.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Fleischer[1]) und neuerdings Cameron und Hurst[2]) fanden, daß gesättigte Lösungen von Calciumphosphat um so mehr Phosphorsäure enthielten, je größer die angewendete Menge des festen Triphosphates war. Da aber die Gewichtskonzentration von der Menge des festen Bodenkörpers unabhängig sein muß, so hatten sie offenbar keine wirklichen Gleichgewichtszustände untersucht. Über die Löslichkeit des Triphosphates in reinem Wasser sind eine große Zahl zum Teil sehr abweichender Angaben gemacht worden. Die schlechte Übereinstimmung führt Rindell[3]) darauf zurück, daß die älteren Autoren weder die Temperatur noch den Molekularzustand des Bodenkörpers genügend berücksichtigt haben, da das Salz amorph und kristallinisch in mehreren Hydraten vorkommt, ferner auf die außerordentlich große Langsamkeit, mit der sich das Gleichgewicht zwischen Bodenkörper und Lösung herstellt. Die Versuche von Tacke und Süchting (Tabelle 2, Vers. 9 und 10) sowie die unsrigen (Tabelle 1, Vers. 13 und 14) lassen die außerordentlich große Langsamkeit erkennen, mit der sich die Gleichgewichtskonzentration der Lösung vollzieht. Mit unserem Phosphat wurde viel rascher eine annähernde Gleichgewichtskonzentration der Lösung erreicht als mit dem von Tacke und Süchting. Diesem Umstand dürfte es zuzuschreiben sein, daß bei unseren Versuchen auch bei wechselnden Phosphatmengen annähernd gleiche Quantitäten Phosphorsäure in Lösung gingen, so lange die anderen Versuchsbedingungen gleichblieben. Nachgewiesen ist, daß Kolloidsubstanzen Salzlösungen Basen entziehen und auf ihrer Oberfläche verdichten, und zwar wechselt die Menge der absorbierten Basen je nach der Versuchsanordnung. Für die absorbierte Base geht eine äquivalente Menge Säure in Lösung. Bei gleicher Einwage (1, 11, 8, 9, 10) machen Kolloide aus dem größeren Volumen einer Salzlösung mehr Säure frei als aus dem geringeren. Anderseits bringt ein Kolloid aus gleichen Volumen einer Salzlösung (11, 9, 12) bei kleinerer Einwage verhältnismäßig mehr Säure in Freiheit als bei größerer. Die Resultate, welche wir bei den Versuchen über die Wechselwirkung zwischen Tricalciumphosphat und Sphagnen oder Moostorf erhielten, stehen im Einklang mit den für die Kolloide gültigen Absorptionsgesetzen. Wir haben deshalb die Aufschließung der Phosphate durch Sphagnen bezw. Moostorf mit vollem Recht auf Absorptionswirkungen von Kolloiden zurückgeführt.

Die ersten Rubriken der Tabelle 3 geben die mg Kalk und Phosphorsäure an, welche in 100 ccm des Aufschließungsfiltrates gefunden wurden. Bereits bei den Versuchen 1 bis 7 ergaben sich im Phosphorsäuregehalt der Filtrate Schwankungen für Sphagnen bis zu 6,9 bezw. 5,5 % für Torf und im Kalkgehalt derselben für Sphagnen bis zu 25 bezw. 21,7 % für Torf. In allen Fällen waren die Abweichungen vom mittleren Phosphorsäuregehalt der Lösungen geringfügig, während die vom mittleren Kalkgehalt recht beträchtlich waren. Daraus geht hervor, daß Kalk- und Phosphorsäure in keinem prozentualen Verhältnis zu einander gelöst werden. Noch besser veranschaulichen dies die Versuche 8 bis 10 und 11 u. 12. Bei der ersten Versuchsanstellung wirkten auf gleichbleibende Mengen Sphagnen bezw. Moostorf und Tricalciumphosphat wechselnde Wasser-

[1]) Landwirtschaftl. Jahrbücher. 12, 160.
[2]) Journ. Amer. Chem. Soc. 1904, 26, 885.
[3]) Nach R. Abegg, Handb. d. anorg. Chemie 1905, Bd. II$_2$, 147.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

quantitäten ein und bei der letzten auf gleichbleibende Mengen Wasser und Tricalciumphosphat variierende Quantitäten Sphagnen bezw. Moostorf. Das Wasser wurde vermehrt im Verhältnis von 1 : 3 : 6 und die Einwage im Verhältnis von 1 : 5. Bei Anwendung verschiedener Volumen Wasser steht der Prozentgehalt der Filtrate an Phosphorsäure und Kalk in keinem äquivalenten Verhältnis zur Wasservermehrung. Die verdünnteren Lösungen enthalten mehr Phosphorsäure und mehr Kalk, als ihrer Verdünnung entspricht, und zwar trifft dies besonders hinsichtlich des Kalkgehaltes zu. Bei den Versuchen wurde regelmäßig umsomehr Phosphorsäure und Kalk gelöst, je mehr Wasser auf eine bestimmte Menge Sphagnen oder Moostorf einwirken konnte. Die Vermehrung der Phosphorsäure und des Kalkes verlaufen aber nicht parallel zu einander, denn die Phosphorsäurevermehrung betrug höchstens bis zu 19 %, die des Kalkes aber bis zu 44 %. Das ist umso bemerkenswerter, als nach unseren Versuchen und nach denen von Tacke und Süchting größere Wassermengen prozentisch relativ weniger Phosphorsäure- und Kalk aus dem Phosphat in Lösung bringen als kleinere. Werden verschiedene Mengen Sphagnen oder Moostorf verwendet, so erhält man gleichfalls keine Phosphorsäure- und Kalkwerte, die im entsprechenden Verhältnis zur Einwage stehen. Bei erhöhter Einwage finden sich aber diese Verbindungen analog vorerwähntem Versuch nicht in relativ größerem, sondern in relativ geringerem Verhältnis in den Auszügen. Die größere Einwage setzt aus dem Phosphat gegenüber der kleineren 16 bis 27 % Phosphorsäure und 30 bis 39 % Kalk weniger in Freiheit. Sonach läuft auch hier die Phosphorsäurezahl nicht parallel mit der des Kalkes. Während aus dem Triphosphat die größere Wassermenge 19 % Phosphorsäure und 44 % Kalk mehr in Lösung bringt als die kleinere, setzt die größere Einwage aus dem Phosphat 16 bis 27 % Phosphorsäure und 30 bis 39 % Kalk weniger in Freiheit wie die kleinere. Je nach den Versuchsbedingungen werden Resultate gewonnen, die in den relativen Phosphorsäure- bezw. Kalkgehalten der Filtrate Unterschiede bis zu 46 bezw. 83 % bedingten. Solch abnorm hohe relative Konzentrationsunterschiede der Filtrate treten niemals auf, wenn Säurereaktionen vorliegen, wohl aber bei Absorptionswirkungen von Kolloiden. Es ist uns daher ganz unverständlich, warum Tacke und Süchting unsere ebenso einfache wie plausible Auffassung bekämpfen und dabei Gründe ins Feld führen, die oft mit der ganzen Sache nichts zu tun haben. Wenn sie bei den Versuchen über die Wechselwirkungen zwischen Moostorf und Tricalciumphosphat zu Ergebnissen kamen, welche den unserigen diametral gegenüberstehen, so haben wir im Voranstehenden gesehen, weshalb dies eintreten mußte. Die Wiederholung unserer Versuche zeitigte das frühere Resultat; ihre „Bedenken" über die „Fragwürdigkeit" unserer Versuche sind sonach unberechtigt. Tackes und Süchtings Befunde bestärken unsere Anschauung, daß Absorptionen von Kolloiden die Aufschließung des Triphosphates bedingen. Ob mit dem einen oder anderen Torf dieses oder jenes Resultat gewonnen wird, hängt von den Eigenschaften des angewendeten Phosphates ab und bleibt gleichgültig. Unsere Untersuchungen über das Verhalten der Hochmoorsphagnen und des Moostorfes gegen Tricalciumphosphat sollten zeigen, daß es unmöglich ist, die Menge der durch die Sphagnen oder Moostorf gelösten Phosphorsäure als Maß für die darin enthaltene „freie Humussäure" zu benützen. Sie sollten dartun, daß Kalk und Phosphorsäure je nach den Ver-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

suchsbedingungen in sich nicht konstant bleibenden Quantitäten und Verhältnissen in die Filtrate übergehen, daß also die Aufschließung der Phosphate sich leicht auf Absorptionswirkungen von Kolloiden, aber nicht auf freie Säuren zurückführen läßt. Sie sind bloß ein Glied der langen Kette von Beweisen, die für die Annahme von Kolloidwirkungen von uns erbracht wurde. Auch wenn es den Gegnern gelungen wäre, dies eine Glied aus der Kette zu lösen, so wäre damit noch lange nicht unsere Theorie widerlegt. Das ist ihnen aber nicht geglückt. Ihre Versuche bekräftigen vielmehr unsern Nachweis, daß je nach der Versuchsanordnung veränderliche Mengen Phosphorsäure und Kalk aus dem Phosphat in Lösung gebracht werden.

Der Vorwurf von Tacke und Süchting, daß der Versuch (11, 9, 12) über die Einwirkung verschiedener Wassermengen bei der Aufschließung der Phosphate in seinem zweiten Teil nicht einwandfrei angestellt sei, halten wir für unberechtigt. Weil sie aber bei Versuchen, bei welchen sowohl der Moostorf als auch das Phosphat der Menge nach in untereinander gleichbleibendem Verhältnis wechselten, während bei uns die Phosphatmenge konstant gehalten wurde, trotzdem zu dem gleichen Ergebnis gelangten, erübrigt es sich, über diesen Punkt zu diskutieren.

Unsere Gegner entdecken einen Widerspruch darin, daß wir auf Seite 39 sagen: „Ein Irrtum wäre es aber anzunehmen, daß das unlösliche Kolloid auf das unlösliche Tricalciumphosphat einwirkt. Schon Fleischer hat gefunden, daß Tricalciumphosphat nicht unerheblich in Wasser löslich ist ...“ Sie lesen aus dem ersten Satze eine Behauptung heraus, die gar nicht in demselben liegt. Damit wollten wir nicht aussagen, daß Humussäuren und Tricalciumphosphat unlöslich seien, sondern hervorheben, daß dem einen der beiden Stoffe eine gewisse Löslichkeit zukommen müsse, da sonst eine Basenabsorption durch das unlösliche Kolloid undenkbar wäre. Welcher Substanz die Löslichkeit zukommt, sprechen wir in dem Zitat auf Seite 34 deutlich aus, denn im Schlußsatz heißt es: „Wir werden später sehen, daß die Reaktion tatsächlich auf der Zersetzlichkeit des Kalkphosphates durch Wasser beruht.“

Tacke und Süchting erblicken in den Versuchen 14 bis 17 einen Beweis dafür, daß bei der Aufschließung des Triphosphates durch Moostorf keine adsorptive Kolloidreaktion vorliege. Sie sind der Meinung, daß durch das Trocknen des Moostorfes die Oberfläche der Kolloide verkleinert und infolgedessen die Absorptionsstärke derselben herabgemindert werden müßte. Ohne Frage verändert sich die Oberfläche des Kolloides bei der Wasserentziehung, ob aber die Oberflächenverkleinerung so erheblich ist, wie die Gegner annehmen, bleibt dahingestellt. Bei der längeren Einwirkung von Wasser bezw. einer Salzlösung dürfte sich die ursprüngliche Oberflächenentwicklung der Kolloidsubstanz wieder herstellen, auch dürften die durch das Trocknen hervorgerufenen geringfügigen Oberflächenveränderungen keine merkliche Verminderung in dem Aufschließungsvermögen bedingen. Um Absorptionswirkungen hervorzubringen, müssen die Absorptionskräfte eine gewisse Größe erreichen. Versuche, die noch nicht abgeschlossen sind, sprechen für diese Anschauung. Nach denselben vermögen viele Pflanzen (und vermutlich alle Gewächse) freien Laugen oder Salzlösungen Basen zu entziehen, die Absorptionskraft derselben ist aber bei vielen nicht groß genug, um das Triphosphat in stärkerem Maße aufzuschließen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Wenn vor wie nach dem Trocknen des Torfes dieselben Quantitäten Phosphorsäure aus dem Phosphat in Freiheit gesetzt wurden, so will das nicht besagen, daß keine adsorptive Kolloidreaktion vorliegt. Übrigens war die von Tacke und Süchting zur Anwendung gekommene Einwage (3 g Tr.-S.) zu gering, als daß dabei Abweichungen in der Aufschließung des Phosphates merklich zum Ausdruck gelangen könnten. Wenn auch der getrocknete Torf nach Anfeuchten mit Wasser das ursprüngliche Volumen nicht mehr einnimmt, so kann doch die darin sich befindende Kolloidsubstanz die annähernd gleiche frühere Oberflächengröße eingenommen haben. Im Anschluß hieran verweisen die Gegner auf die Löslichkeitsverhältnisse des Phosphats unter Hinweis auf ihre Versuche 11, 12 und 13. Die Versuche 11 und 12 sollen die „ganz selbstverständliche" Tatsache zeigen, daß die hier in freier Form zugegebene und sonach auch die bei den Versuchen mit Moostorf frei werdende Phosphorsäure, aus dem überschüssigen Phosphat je nach der vorhandenen Menge Phosphorsäure in Lösung bringt. Wir haben bereits gezeigt, daß nach Tackes und Süchtings Versuchen 9 und 11 der Zusatz von 29,7 mg freier Phosphorsäure keine Veränderung im Löslichkeitsgrade des Triphosphates hervorruft. Nach unseren Kalkbestimmungen kann bestenfalls $^1/_3$ der Gesamtphosphorsäure als freie Phosphorsäure in den Filtraten zugegen sein. In den Sphagnenauszügen ist scheinbar bis zur Hälfte der Gesamtphosphorsäure als freie Phosphorsäure vorhanden. Nun enthalten aber die benutzten oberirdischen Sphagnenteile weit mehr Kali und Natron wie der Torf. Die Sphagnenfiltrate führen bedeutend mehr Alkaliphosphate als die Torffiltrate, und so dürfte sich der Betrag an freier Phosphorsäure für die Sphagnen in Wirklichkeit niedriger stellen wie für den Moostorf. Die Auszüge enthalten aber nach Tabelle 3 niemals so viel freie Phosphorsäure wie das beim Versuch 11 der Gegner der Fall ist. Wechselwirkungen zwischen der freigemachten Phosphorsäure und dem überschüssigen Triphosphat haben demgemäß bei dem Versuch schwerlich stattgefunden. Da sich die schwerlösliche Humussäure als Kalkhumat ausscheiden und dafür eine äquivalente Menge Phosphorsäure in Lösung gehen soll, die unter den obwaltenden Mengenverhältnissen das Triphosphat nicht angreift, so kann bei Annahme einer Säurereaktion keine befriedigende Erklärung dafür gegeben werden, warum in den Auszügen bedeutend mehr freie Phosphorsäure gefunden wird, als dem Säuregehalt nach der Methode von Tacke und Süchting entspricht. Diese Erscheinung muß aber zutreffen, wenn Kolloidwirkungen vorliegen, denn die Kolloide entziehen den verdünnten Kalkphosphatlösungen anfänglich nahezu quantitativ den Kalk, so daß fortgesetzt in dem Maße neues Phosphat in Lösung geht, als noch Kalk von den Kolloiden auf ihrer Oberfläche verdichtet wird.

Die fünf Sätze, welche Tacke und Süchting hinsichtlich der Wechselwirkung zwischen Moostorf und dem Tricalciumphosphat am Schluß der zitierten Arbeit aufstellten, stehen zum Teil mit dem Thema in keinem Zusammenhang. Die vermeintlichen falschen Untersuchungen, die zur Aufstellung der beiden ersten Sätze führten, bestehen nicht. Die Sätze haben wie die unserigen nur für bestimmte Fälle Gültigkeit. Je nach den Eigenschaften des Phosphates ist das Ergebnis anders. Die Resultate der Gegner beweisen sogar besser als die unserigen, daß keine freien Säuren im Torf zugegen sein können. Tacke und Süchting wollen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Absorptionswirkungen nicht ausschließen, nur sollen diese von untergeordneter Bedeutung sein. Süchting[1]) gibt den Humussäuregehalt des Torfes zu 50 % an und schreibt ihnen Kolloidnatur zu. Wenn also die Hälfte der Hochmoorsubstanz kolloidalen Charakter trägt, so können die Absorptionserscheinungen nicht so nebensächlicher Natur sein wie Tacke und Süchting angeben. Nun sollen Humussäuren Phosphorsäure aus ihren Salzen in Freiheit bringen, anderseits absorbieren nach Süchting[2]) Kolloide Phosphorsäure in hohem Maße. Trotz der Phosphorsäureabsorption durch die Kolloide finden sich in den Filtraten relativ sehr erhebliche Mengen Phosphorsäure, aber verhältnismäßig geringe Quantitäten Kalk. Zu welch reichlichen Phosphorsäuremengen müßten wir erst kommen, wenn nicht die eine Kraft der andern entgegenwirkte! Den Gegnern bleibt nichts anderes übrig, als die Kolloid- oder die Säurenatur der sogenannten Humussäuren fallen zu lassen. Vielleicht beantworten sie zugleich die Frage, ob sie bei den lebenden Sphagnen, aus denen sich nur Spuren von Humussäuren gewinnen lassen, die aber doch die gleichen Reaktionen wie der Moostorf ausüben, auch 50 % Humussäuren vermuten!

Daß Stärke als neutrales Kolloid Phosphorsäure aus Tricalciumphosphat löslich macht, wurde von uns nicht behauptet. Die Kolloide sind recht verschiedener Beschaffenheit. Das Basenabsorptionsvermögen derselben steht in innigem Zusammenhang mit ihrem struktuellen Aufbau. Wiewohl die kolloidale Zellhaut zu den Verbindungen der Zellulosegruppe gehört, braucht nicht jede Zellulosesubstanz ein Kolloid zu sein. Alle Pflanzen bestehen aus Zellhäuten, aber niemand wagt die Behauptung aufzustellen, daß sie deswegen Tricalciumphosphat aufschließen müssen. Jedem Kolloid kommen spezifische Eigenschaften zu, infolgewelcher sie voneinander abweichende Funktionen ausüben. Wir denken dabei an die eigentümlichen Absorptionen mancher Pflanzen, die nach des Referenten jüngsten Versuchen nicht die Nährstoffaufnahme, sondern die Nährstoffableitung bezwecken und die er als „innere Pflanzenabsorption" bezeichnet. Diese „innere Absorption" der Pflanzen bewirkt innerhalb drei Stunden keine merkliche Aufschließung des Calciumtriphosphates, obwohl der Absorptionswert mitunter 1/3 der Absorptionsgröße der Sphagnen oder des Moostorfes ausmacht. Damit ist erwiesen, daß nicht jedes beliebige Kolloid aus dem Triphosphat Phosphorsäure in Freiheit setzt.

Auf Grund der früheren wie der jetzigen Versuche und Erörterungen haben wir nicht den allergeringsten Anlaß von der Auffassung abzugehen, daß die Aufschließung des Tricalciumphosphates durch Sphagnen oder Moostorf nicht von „freien Säuren", sondern durch Absorptionswirkungen von Kolloidsubstanzen hervorgerufen wird.

2. Verhalten des Moostorfes und der Sphagnen gegen verschiedene Salze.

Tacke und Süchting haben von unseren Versuchen über die Einwirkung der Sphagnen bezw. des Moostorfes auf verschiedene Salze das Ergebnis (H. 4, S. 50) nachgeprüft, das der Versuch mit einer konzentrierten und einer verdünnten Lösung von Natriumacetat in der Kälte bezw. in der Hitze ergeben hat. Die

[1]) Protokoll der 64. Sitzung der Zentral-Moor-Kommission, Berlin 1910, S. 151.
[2]) Protokoll der 64. Sitzung der Zentral-Moor-Kommission, Berlin 1910, S. 152.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Tabelle 4 veranschaulicht die Versuche, welche Tacke und Süchting und, die Tabelle 5 diejenigen, die wir darüber ausführten.

Tabelle 4.

Nr. des Versuches	Trockener Moostorf g	Lösung von Natriumacetat 10%ig ccm	Lösung von Natriumacetat 1½%ig ccm	Verrührt Stunden	Gekocht Stunden	Titriert in ccm	Titriert in ca. n/10 $Ba(OH)_2$ ccm	Essigsäure g	Auf 100 g Boden Essigsäure freigemacht g
1	15 g frisch = 3 g trocken	200	—	3	—	75	9,7	0,0591	5,560
2	15 g frisch = 3 g trocken	—	200	1	2	50	7,43	0,0453	6,402

Tabelle 5.

	Sphagnen: Abgespaltener Säurewasserstoff g	Sphagnen: Entsprechende Menge Essigsäure (CH_3COOH) g	Sphagnen: Auf 100 Teile des Gesamtsäurewasserstoffs abgespalten	Moostorf: Abgespaltener Säurewasserstoff g	Moostorf: Entsprechende Menge Essigsäure (CH_3COOH) g	Moostorf: Auf 100 Teile des Gesamtsäurewasserstoffs abgespalten
Mit NaOH in sehr geringem Überschuß versetzt	0,0943	5,658	100,0 Teile	0,1093	6,558	100,0 Teile
In der Kälte mit 10%iger Acetatlösung in H Strom ausgezogen	0,0838	5,028	88,3 „	0,1017	6,105	92,0 „
In der Kälte mit 10%iger Acetatlösung beim Schütteln mit Luft	0,0838	5,028	88,2 „	0,1017	6,100	92,0 „
mit heißer 10%iger Acetatlösung ausgezogen	0,0886	5,316	94,0 „	0,1135	6,810	103,8 „
mit heißer 1½%iger Acetatlösung ausgezogen	0,0656	3,936	69,5 „	0,0836	5,016	76,4 „
mit kalter 1½%iger Acetatlösung ausgezogen	0,0528	3,168	58,0 „	0,0785	4,710	71,9 „

In den früheren Mitteilungen haben wir ausdrücklich hervorgehoben, daß die gefundenen Werte für die kalten Auszüge sich auf ein dreistündiges Ausschütteln der Sphagnen bezw. des Torfes mit der Salzlösung beziehen, während zur Prüfung des Einflusses der Temperatur, die Sphagnen bezw. der Moostorf mit der Acetatlösung einmal aufgekocht und nach dem Abkühlen auf 300 ccm aufgefüllt wurde.

Die Versuchsanstellung der Gegner weicht vollständig von der unserigen ab, so daß ihre Ergebnisse von den unseren abweichen müssen. Unsere Versuche mit heißen und kalten Natriumacetatlösungen legen dar, daß die Temperatur die Säureabgabe steigert. Daher ist es nicht verwunderlich, daß der Moostorf bei zweistündigem Kochen aus der 1½%igen Natriumacetatlösung mehr Essigsäure freimacht als in der Kälte aus der 10%igen Lösung. Inwiefern dies zustande kommt, geht aus folgendem hervor. Wird eine mit Phenolphthaleïn genau abneutralisierte 1½%ige Natriumacetatlösung gekocht, so färbt sich mit der Kochdauer die Lösung immer stärker rot und die Rotfärbung nimmt in dem Maße wieder ab, als die Flüssigkeit erkaltet. Dieses eigentümliche Verhalten weisen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

konzentrierte Natriumacetatlösungen nicht oder nur in schwächerem Grade auf. Kochende Lösungen von Natriumacetat sind demnach stärker dissociiert als kalte gleicher Konzentration. Insbesondere gilt dies für verdünnte Natriumacetatlösungen. Es ist sonach eine notwendige Folge der stärkeren Dissociation, daß die verdünnte kochende $1^1/_2$ %ige Acetatlösung bei langer Kochdauer ebensoviel oder mehr Base an das Kolloid abgibt als die weit weniger dissociierte kalte 10%ige. Hier wäre auch zu erwähnen, daß man bei Titration mit Barytlauge andere Absorptionswerte erhält als bei Titration mit Natronlauge. Dem anhaltenden Kochen haben es die Gegner zuzuschreiben, daß sie stark dunkel gefärbte, schlecht titrierbare Filtrate erhielten. Unsere Filtrate waren nur stark gelb gefärbt. Den Farbenumschlag solcher Lösungen erkennt man leicht, wenn man die titrierten den nicht titrierten gegenüberstellt.

Die Versuche, welche Tacke und Süchting hinsichtlich der Umsetzung der Kolloide mit essigsauren Salzen in der Siedehitze unter steter Entfernung der freigewordenen Essigsäure durchführten, brauchen nicht weiter besprochen zu werden. Es sei dazu nur kurz erwähnt, daß sie bei längerer Destillation wohl noch weitere Mengen Essigsäure freigemacht und immer größere Aciditätswerte des Torfes erhalten hätten. Diese Säureabdestillation ohne absehbares Ende beweist zur Genüge, daß keine freie Säure die Essigsäureabspaltung betätigt. Daß Stearinsäure in der Siedehitze aus Calciumacetat Essigsäure abspaltet, ist begreiflich, weil sie sich als Öl in Wasser etwas löst. Die kolloide Stearinsäure vermag aber in der Kälte (17°) trotz ihrer Carboxylgruppe nur Spuren Essigsäure aus einer $^1/_2$ normal Calciumacetatlösung in Freiheit zu setzen, aus $^1/_2$, $^1/_{10}$ und $^1/_{100}$ normal Natriumsulfatlösungen bewirkt sie keine Säureabscheidung.

Nach Tacke und Süchting ergaben die in der Kälte durchgeführten Versuche, daß bis 130 und 150° getrockneter Torf die Größe der Zersetzung von Natriumacetatlösungen nicht herabdrücken. Unsere Versuche bestätigen diesen Befund nicht. Wir haben 3 g lufttr. Sphagnen bezw. Moostorf während 24 Stunden auf 130° erhitzt und hierauf 3 Stunden eine 10%ige Calciumacetatlösung auf dieselben einwirken lassen. Die getrockneten Substanzen absorbierten aus der Salzlösung eine beträchtlich geringere Menge Kalk als die nicht erhitzten und zwar verringerte sich das Basenabsorptionsvermögen der bei 130° getrockneten Sphagnen bezw. des Moostorfes gegenüber den nicht getrockneten Substanzen um 11 bzw. 3,1 %. Vermutlich wären bei Anwendung niedrigprozentigerer Lösungen die Differenzen in der Basenabsorptionsgröße erheblich größer ausgefallen, doch wollen wir dies als fraglich dahingestellt sein lassen. Wenn den Kolloiden das Wasser entzogen und dadurch ihre Oberfläche verkleinert wird, so geht ihre Absorptionskraft in nachweisbarer Weise zurück. Durch das Erhitzen wird die Absorptionsfähigkeit der lebenden Sphagnen mehr geschwächt als die des Moostorfes. Dies muß beim Torf weniger zutreffen, weil derselbe bereits der Zersetzung unterworfen war. Da es sich um relativ kleine Absorptionsdepressionen handelt, so kommen diese bei weniger dissoziierten Salzlösungen überhaupt nicht zum Vorschein. Ob auf höhere Temperaturen erhitzte Hochmoorsphagnen nicht doch Tricalciumphosphat weniger stark aufgeschlossen hätten, möge dahingestellt bleiben. Leider haben es die Gegner unterlassen, mit den Sphagnen Versuche anzustellen. Wenn Tacke und

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Süchting nach wie vor dem Trocknen des Moostorfes die gleiche Säureabscheidung konstatierten, so liegt vielleicht die Schuld an der Titrierflüssigkeit. Es wäre von Interesse, zu erfahren, weshalb Tacke und Süchting die Filtrate mit Barytlauge statt mit Natronlauge abneutralisierten.

Es ist hier der Platz, auf die Versuche einzugehen, die wir mit einer Reihe von Kolloiden anstellten, um deren Verhalten zu Acetatlösungen kennen zu lernen. Welche Kolloide zur Verwendung kamen und welche Resultate dabei erhalten wurden, zeigt nachstehende Tabelle 6.

Zum besseren Verständnis sei bemerkt, daß die Kolloide in ein Erlenmeyerkölbchen von ca. 300 ccm Inhalt gebracht, sofort mit 100 ccm ausgekochtem Wasser versetzt und unter zeitweisem Umschütteln eine Stunde stehen gelassen wurden. Hierdurch wollten wir eine Benetzung und Aufweichung der Kolloide erreichen. Nach Verlauf von einer Stunde erfolgte der Zusatz von je 100 ccm zweifach normal Calcium- bezw. Natriumacetatlösung. Das Reaktionsgemisch wurde sofort tüchtig durchgeschüttelt, drei weitere Stunden unter öfterem Umschütteln digeriert, dann filtriert und in je 100 ccm Filtrat die abgeschiedene Säure bezw. Base mit $^1/_4$ Normallauge bezw. -Säure und Phenolphthaleïn bestimmt. Die Versuche sind recht lehrreich, denn sie beweisen, daß je nach der Natur des Kolloids aus den Acetatlösungen Säure oder Base abgespalten wird. Sie legen ferner dar, daß nicht jedes Kolloid dieselbe Menge Säure oder Base den Salzlösungen entzieht, und daß die abgeschiedene Menge Säure oder Base von der Stärke der Einwage abhängt. Von größeren Kolloidmengen wird relativ weniger Säure oder Base aus den Acetatlösungen in Freiheit gesetzt als von kleineren. Zerschlagene und nicht zerschlagene Papier-Cellulose haben den Calciumacetatlösungen genau die gleiche Basenmenge entzogen. Daraus geht hervor, daß für die Absorptionsgröße der Kolloide der strukturelle Bau derselben maßgebend ist und nicht der Feinheitsgrad. Es wird daher leicht verständlich, weshalb obige Kolloide schwache, der Moostorf und die Sphagnen aber starke Absorptionen ausüben. Da die Absorptionswirkungen der geprüften Kolloide schon bei stark dissoziierten Verbindungen mäßige sind, so kommen dieselben bei schwach dissoziierten Stoffen überhaupt nicht mehr in erkennbarer Weise zum Ausdruck. Wenn Sphagnen bezw. Moostorf mit ihrer großen Absorptionskraft nur mäßige Mengen Säuren aus der Kochsalzlösung in Freiheit setzen, wie soll dann z. B. die bedeutend weniger absorptionskräftige Stärke dies vollbringen. Die Untersuchungen des Referenten über die Beziehungen zwischen dem Nährstoffgehalt und dem Basenabsorptionsvermögen der Sphagnen[1]) lassen es als höchst wahrscheinlich erscheinen, daß sogar die einzelnen Sphagnenarten eine verschiedene Absorptionskraft aufweisen, die eine Folge des voneinander abweichenden anatomischen Aufbaues derselben sein dürfte. Ob Kolloide in größerem Umfange Säure freimachen, hängt lediglich von dem strukturellen Aufbau derselben ab.

Aber auch in anderer Richtung beanspruchen unsere mit Kolloiden angestellten Versuche das größte Interesse. Es wurde nämlich festgestellt, wie sich die verschiedenen Kolloide Acetatlösungen gegenüber verhalten, wenn gleichzeitig die

[1]) Mitteilungen der K. B. Moorkulturanstalt 1912, Heft 5, Seite 61, Kommissionsverlag E. Ulmer, Stuttgart.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Tabelle 6.

Bezeichnung des Kolloides	Menge des angewandten Kolloid g	Sofortiger Wasserzusatz ccm	Nach Ablauf von einer Stunde wurde 2fach normal Na-Acetat zugesetzt ccm	Nach Ablauf von einer Stunde wurde 2fach normal Ca-Acetat zugesetzt ccm	100 g Kolloid entziehen der Acetatlösung eine Menge Base, die entspricht $^1/_4$ n/NaOH ccm	100 g Kolloid entziehen der Acetatlösung eine Menge Säure, die entspricht $^1/_4$ n/H_2SO_4 ccm
Geschlämmter Kaolin	3	100	100	—	2,67	—
„ „	6	100	100	—	2,67	—
„ „	12	100	100	—	2,67	—
„ „	24	100	100	—	2,67	—
Mit Säure gerein. Bluthohle	1	100	100	—	16,0	—
„ „ „ „	1	100	—	100	24,0	—
„ „ „ „	3	100	100	—	13,3	—
„ „ „ „	3	100	—	100	21,3	—
„ „ „ „	6	100	100	—	8,0	—
„ „ „ „	9	100	100	—	6,2	—
„ „ „ „	24	100	100	—	2,3	—
Lösliche Stärke . .	1	100	100	—	16,0	—
„ „ . .	3	100	100	—	13,3	—
„ „ . .	6	100	100	—	13,2	—
„ „ . .	12	100	100	—	12,6	—
Tonerdehydrat . .	1	100	100	—	—	0,00
„ . .	3	100	100	—	—	0,00
„ . .	6	100	100	—	—	1,33
„ . .	12	100	100	—	—	1,00
Hautpulver . . .	1	100	100	—	—	17,6
„ . . .	6	100	100	—	—	5,3
„ . . .	12	100	100	—	—	2,2
Acetat-Cellulose .	3	100	100	—	5,3	—
„ „ . .	12	100	100	—	4,0	—
Kupfer-Cellulose .	3	100	100	—	—	0,00
„ „ . .	12	100	100	—	—	0,67
Seide-Cellulose . . (mit 24,28% Trockensubstanz)	6 = 1,4568 g Tr.-S.	100	100	—	6,8	—
	24 = 5,8272 g Tr.-S.	100	100	—	6,1	—
Papier-Cellulose . (zerschlagene mit 24,75% Tr.-S.)	14,04 = 6,0 g Tr.-S.	100	—	—	6,0	—
Papier-Cellulose . (nicht zerschlagene mit 35,6% Tr.-S.)	16,85 = 6,0 g Tr.-S.	100	—	—	6,0	—

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Tabelle 7.

Name des Kolloides	Kolloid zugesetzt in g	Moostorf zugesetzt in g	Sphagnen zugesetzt in g	Sofort Wasser zugesetzt in ccm	Nach 1 Stunde wurde zweifach normal Na-Acetat zugesetzt in ccm	Nach 1 Stunde wurde zweifach normal Ca-Acetat zugesetzt in ccm	Wird die durch Sphagnen bezw. Moostorf aus Normal-Acetatlösungen freigemachte Menge Säure **gleich 100 gesetzt**, so errechnet sich die bei bezeichneten Kolloidzusätzen abgesp. Säuremenge gegenüber dieser Zahl zu
Geschlämmter Kaolin	3	3	—	100	100	—	95,5
„ „	6	3	—	100	100	—	95,6
„ „	12	3	—	100	100	—	95,5
„ „	24	3	—	100	100	—	95,3
Mit Säure gerein. Blutkohle	1	3	—	100	100	100	86,6
„ „	3	3	—	100	100	100	68,2
„ „	1	3	—	100	100	—	85,1
„ „	3	3	—	100	100	—	65,5
„ „	6	3	—	100	100	—	46,5
„ „	9	3	—	100	100	—	35,3
„ „	24	3	—	100	100	—	15,3
Lösliche Stärke . .	1	3	—	100	100	—	98,6
„ „ . .	3	3	—	100	100	—	98,5
„ „ . .	6	3	—	100	100	—	98,1
„ „ . .	12	3	—	100	100	—	97,1
Tonerdehydrat . .	1	3	—	100	100	—	100,0
„ . .	3	3	—	100	100	—	98,5
„ . .	6	3	—	100	100	—	97,0
„ . .	12	3	—	100	100	—	94,5
Hautpulver . . .	1	3	—	100	100	—	87,1
„ . . .	6	3	—	100	100	—	38,3
„ . . .	12	3	—	100	100	—	26,6
„ . . .	1	—	3	100	100	—	84,1
„ . . .	6	—	3	100	100	—	38,0
„ . . .	12	—	3	100	100	—	25,1
Acetat-Cellulose . .	3	3	—	100	100	—	96,4
„ „ . .	12	3	—	100	100	—	96,4
Kupfer-Cellulose .	3	3	—	100	100	—	96,4
„ „ . .	12	3	—	100	100	—	92,8
Seide-Cellulose . . (mit 24,28% Tr.-S.)	6 = 1,4568 g Tr.-S.	3	—	100	100	—	96,4
„ „	24 = 5,8272 g Tr.-S.	3	—	100	100	—	91,7

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Kolloide Sphagnen oder Moostorf zugegen sind. Die Tabelle 7 gibt an, in welcher Richtung sich die diesbezüglichen Untersuchungen bewegten.

Die Versuchsanordnung weicht von der vorhin beschriebenen nur insofern ab, als dort Wasser und Kolloid, hier Wasser, Kolloid und Sphagnen bezw. Moostorf vor Zusatz der Acetatlösungen eine Stunde miteinander in Berührung standen. Wir sehen, daß Sphagnen bezw. Moostorf aus den Acetatlösungen mehr Säure abspalten, wenn sie allein auf dieselben einwirken, als wenn ein Kolloid beigegeben wurde. Sphagnen oder Moostorf machten aus den Salzlösungen um so weniger Säure frei, je größer die zugesetzte Kolloidmenge war. Je nach der Kolloidart fand eine schwache oder starke Säureabscheidung statt. Selbst erhebliche Quantitäten Kaolin, Stärke oder Cellulose vermochten das Basenabsorptionsvermögen der Sphagnen bezw. des Moostorfes nur relativ wenig zu verringern. Hingegen beeinflußten schon kleine Mengen Blutkohle oder Hautpulver die Basenabsorptionskraft der Sphagnen bezw. des Moostorfes in hohem Maße. Auf die Versuche mit Hautpulver muß besonders aufmerksam gemacht werden, weil sie dartun, daß sowohl bei den Sphagnen wie bei dem Moostorf der Hautpulverzusatz eine ganz bedeutende Herabminderung der Absorptionsfähigkeit verursacht, und zwar war diese bei beiden Substanzen eine prozentisch gleich große. Die Absorptionswirkungen der Sphagen und des Moostorfes gehen demnach in beiden Fällen von derselben Substanz aus. Da sich dieser Stoff bereits in den lebenden Sphagnen vorfindet, die „Humussäuren" aber erst bei der Vertorfung derselben entstehen sollen, so sind die Absorptionen der Sphagnen und damit auch die des Moostorfes unmöglich auf deren Gehalt an „freien Humussäuren" zurückzuführen. Wie könnte auch ein Kolloidzusatz die Wirkung „freier Säuren" wesentlich oder nahezu ganz aufheben? Dem kann nicht entgegen gehalten werden, daß das zugesetzte Kolloid die Aufschließungssubstanzen teilweise bedeckt, und so weniger Säure löslich wird bezw. daß die Salzlösung nicht unbehindert in dieselben einzudringen vermag. Denn wie sollte 1 g Hautpulver oder Blutkohle die Sphagnen bezw. den Moostorf stärker umhüllen bezw. von der Salzlösung abschließen als 12 g Stärke oder 24 g Kaolin. Auffallend ist es, daß sämtliche Kolloide die Absorptionen der Sphagnen bezw. des Moostorfes schwächten, während bei dem Hautpulverzusatz das Gegenteil zu erwarten war. Die Versuchsanstellung der Gegner über das Verhalten des Moostorfes bezw. der Kolloide gegen verschiedene Salze war so gehalten, daß die Resultate mit den unserigen in Widerspruch kommen mußten. Trotzdem konnten wir im Laufe vorstehender Erörterungen wiederholt nachweisen, daß sich Tackes und Süchtings Untersuchungen gleich den unserigen sehr wohl mit der Auffassung kolloider Absorptionen vereinigen lassen, so daß wir keine Ursache haben, von dieser Ansicht abzustehen.

3. Verhalten des Moostorfes gegen Calciumoxalat.

Tacke und Süchting erschien es ganz unwahrscheinlich, daß Moostorf aus Calciumoxalat keine Oxalsäure freimachen kann. Wir wollen nun nicht verfehlen den Grund anzuführen, weshalb sie bei ihren Versuchen Oxalsäure nachweisen konnten. Die Schuld liegt nämlich am verwendeten Calciumsalz. Auch wir vermochten mit einem von Kahlbaum in Berlin bezogenen Calciumoxalat, das absolut rein sein sollte, Oxalsäure in den Filtraten nachzuweisen. Bei näherer Prüfung

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

des Präparates zeigte es sich, daß die in den Auszügen konstatierte Oxalsäure nicht durch die Sphagnen bezw. den Moostorf in Lösung gebracht wurde, sondern daß sie auf das Konto der Unreinheit des Calciumoxalates zu setzen war. Bei dem einen Versuch schüttelten wir 1 g, bei dem anderen 4 g des besagten Calciumpräparates drei Stunden mit je 200 ccm ausgekochtem Wasser aus und bestimmten in je 150 ccm des Filtrates den gelösten Kalk titrimetrisch mit $^1/_{100}$ Permanganat. Pro Liter fanden sich im ersten Fall 16,7 und im zweiten 42,6 mg CaC_2O_4 in Lösung. Da sich in 1 Liter Wasser nicht einmal die niedere Calciumoxalatmenge auflöst, so war dem Versuch zu entnehmen, daß das Material anderweitige oxalsaure Salze enthält. Es wurde auch geprüft, ob das Präparat freie Oxalsäure führt, welche Vermutung sich bestätigte, denn 35 ccm des zweiten Filtrates benötigten zur Abneutralisierung 0,70 ccm $^1/_{50}$ normal Natronlauge. Der oxalsaure Kalk war sonach verunreinigt mit freier Oxalsäure sowie mit einer löslichen anderweitigen oxalsauren Verbindung, die wohl Ammoniumoxalat sein dürfte. Nun wurde das Calciumoxalat durch wiederholtes Auskochen mit Wasser gereinigt und im Exsiccator getrocknet. Alsdann setzten wir mit dem gereinigten Präparat den gleichen Versuch wie oben an und konstatierten pro 1 Liter 6,60 bezw. 6,82 mg CaC_2O_4. Die Löslichkeit des Calciumoxalates wird demnach nicht von der angewandten Salzmenge beeinflußt. Aus dem gereinigten Calciumoxalat vermochten Sphagnen bezw. Moostorf keine Oxalsäure freizumachen, denn die Kalkmenge, welche bei der Fällung mit Calciumacetat gefunden wurde, entspricht genau der Löslichkeit des oxalsaueren Kalkes in Wasser. Wir bestimmten in 150 ccm der Moostorfauszüge das gelöste Calciumoxalat bezw. die Oxalsäure derartig, daß den ammoniakalisch bezw. sehr schwach essigsauer gemachten Filtraten je 2 ccm $^1/_{10}$ normal Calciumacetat zugesetzt wurden. Nach 24stündigem Stehen setzte sich aus der ammoniakalischen Lösung ein flockiger, gelbbraun gefärbter und aus dem essigsaueren Filtrat ein feinkristallinischer, weißer Niederschlag ab. Der aus der ammoniakalischen Lösung ausgefällte Niederschlag wog 5,7 mg und war mit Tonerde und ziemlich viel Phosphorsäure verunreinigt. Hingegen erwies sich der aus der essigsaueren Lösung abgeschiedene Niederschlag als rein. Sein Gewicht betrug bloß 0,6 mg. Um zu beweisen, daß diese 0,6 mg CaO vom gelösten Calciumoxalat herrührten, schüttelten wir zweimal je 1 g des gereinigten oxalsauren Kalkes 3 Stunden mit je 200 ccm Wasser aus. Je 150 ccm der Filtrate wurden sehr schwach essigsauer gemacht und mit je 2 ccm $^1/_{100}$ normal Calciumacetat versetzt. Bei fleißigem Rühren und 24stündigem Stehen fiel Calciumoxalat aus. Die Gewichtsanalyse ergab 0,5 mg CaO, während mit $^1/_{100}$ Permanganat titriert 0,45 mg CaO gefunden wurden. Der in Wasser als praktisch unlöslich zu betrachtende oxalsaure Kalk wird sonach weder von den Sphagnen noch von dem Moostorf angegriffen. Wenn das Baumann-Gullysche Resultat mit dem Versuchsergebnis von Tacke und Süchting in Widerspruch steht, so rührt dies daher, daß letztere ein Calciumoxalat benutzten, das freie Oxalsäure bezw. lösliche oxalsaure Salze enthielt. Daß dies zutrifft, beweist ihr Versuch 7. Sie konstatierten für Calciumoxalat eine Löslichkeit von 14,6 mg CaC_2O_4 pro Liter, während alle Literaturangaben sowie unsere eigenen Versuche dartun, daß sich im Liter kaum die Hälfte der angeführten Menge löst.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

4. Verhalten von Aluminiumchlorid, Eisenchlorid und kolloidalem Eisenhydroxyd gegen Sphagnen und Moostorf.

Was die Versuche anbelangt, die unsere Gegner über das Verhalten der dreiwertigen Basen gegenüber Sphagnen und Moostorf ausführten, so wollen wir uns tunlichst kurz fassen. Es scheint, daß Tacke und Süchting die angegebenen absorbierten Quantitäten Basen als unveränderliche Werte ansprechen. Solche stellen sie keinesfalls dar, ebensowenig wie die übrigen Absorptionszahlen als fixe Größen zu gelten haben. In der Arbeit „Die chemische Zusammensetzung und das Basenabsorptionsvermögen der Sphagnen" usw.[1]) weist Referent ausdrücklich auf diesen Umstand hin. Schon die Sphagnen entziehen je nach dem Nährstoffgehalt und der Gruppe, welcher sie angehören, Calcium- und Natriumacetatlösungen variierende Mengen Basen. Es ist daher eine ganz selbstverständliche Sache, daß die Absorptionszahlen der verschiedenen Moostorfe für Lösungen dreiwertiger Basen erst recht erheblichen Schwankungen unterworfen sein müssen und zwar hier umso größeren, weil die Basen in vermehrtem Maße aufgenommen werden. Es stehen sich nämlich dabei Reduktions- und Absorptionsprozesse entgegen, weshalb die Geschwindigkeit und damit die Stärke der Absorption ständig wechselt. Das Mißtrauen, das die Gegner unseren diesbezüglichen Versuchen entgegen bringen, ist nicht am Platze. Ebensowenig ist es notwendig, aus den Nachprüfungen den Schluß zu ziehen, daß unsere Versuche wertlos sind, denn mit dem gleichen Recht wären wir befugt, dasselbe Urteil über die ihrigen auszusprechen.

Über die Untersuchungen, die wir mit den Aluminiumchloridlösungen anstellten, wagen Tacke und Süchting noch nicht das Todesurteil auszusprechen, wiewohl sich bereits hier beträchtliche Unterschiede in dem absorbierten Aluminium ergaben. Beiderseitige Versuche zeigen eine Übereinstimmung insofern, als den verdünnten Lösungen weit mehr Basen entzogen werden als den konzentrierten. Kurz gesagt, die beiderseitigen Untersuchungsresultate sind im Grunde genommen die gleichen, nur hinsichtlich der Größe des Absorptionswertes bestehen Differenzen. Die von einander abweichenden Absorptionszahlen der Sphagnen bezw. des Moostorfes für Aluminium aus Aluminiumchlorid hoben wir in Heft 4, S. 96 besonders hervor und wiesen darauf hin, daß die Sphagnen größere Mengen an absorbierten Basen führen, welche die aus Aluminiumchlorid abgespaltene Salzsäure binden und so die Umladung der Sphagnenkolloide verzögern. Wenn auch die Moostorfe keine so erheblichen Veränderungen im Gehalt an freien Basen aufweisen wie die lebenden Sphagnen gegenüber dem Moostorf, so sind dieselben doch groß genug, um eine veränderliche Absorption der Moostorfe für Aluminium aus Aluminiumchloridlösungen zu verursachen, weil das Aluminium in verhältnismäßig sehr großen Quantitäten absorbiert wird. Selbst die stark zersetzten Torfe enthalten Basen in absorbierter Form, was sich dadurch zu erkennen gibt, daß von zugesetzter $^1/_{100}$ normal Salzsäure ein Teil abneutralisiert wird und sich in gebundenem Zustande in der Säurelösung vorfindet.

Wenn die beiderseitigen Versuche über die Einwirkung von Moostorf auf Aluminiumchlorid annähernd gleiche Ergebnisse zeitigten, so war dies dem Umstand

[1]) Mitteilungen der K. B. Moorkulturanstalt 1912, H. 5, S. 69, Kommissionverlag E. Ulmer, Stuttgart.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

beizumessen, daß außer den freien Basen keine andern störenden Faktoren die Absorptionen des Moostorfs beeinträchtigten. Ganz andere Verhältnisse ergeben sich bei den Absorptionen von Moostorf für Eisen aus Eisenchloridlösungen. Hier können für verschiedene Moostorfe niemals gleiche Absorptionswerte für Eisen gefunden werden, weil die Menge des absorbierten Eisens von Faktoren abhängt, die sich während der Versuchsanstellung ändern. Wie beim Aluminiumchlorid, so veranlaßt auch beim Eisenchlorid der verschiedene Gehalt der Moostorfe an freien Basen beträchtliche Schwankungen in der Absorptionszahl für Eisen. Sehr störend auf den Verlauf der Eisenabsorption wirkt noch der Umstand ein, daß die Moostorfe je nach dem Zersetzungsgrad die Eisenchloridlösung mehr oder minder stark reduzieren, wodurch sowohl die Absorptionsgschwindigkeit wie auch die Absorptionsgröße bedeutenden Veränderungen unterliegen. Die Moostorfe reduzieren einen Teil des Eisenchlorids zu Eisenchlorür; es verwandelt sich also die Absorptionsflüssigkeit innerhalb kurzer Zeit in eine Eisenoxyd- und Eisenoxydullösung. Infolge der Absorptions- und Reduktionswirkungen ändert sich während der Versuchsdauer ständig der Charakter des Reaktionsgemisches. Wie Eisenoxyd- bezw. Eisenoxydulsalzlösungen und Gemische beider auf Moostorfe einwirken, entzieht sich zurzeit unserer Kenntnis. Es bleibt auch unentschieden, wieviel dreiwertiges und wieviel zweiwertiges Eisen in den Sphagnumtorf übergeht, so daß wir nicht wissen können, warum sich das eine Mal dieser und das andere Mal jener Absorptionswert ergibt. Tackes und Süchtings Versuche 1 und 4 der Tabelle 7 beweisen, daß bei gleicher Versuchsanordnung aber bei Anwendung von verschiedenem Material mitunter enorme Differenzen in der absorbierten Eisenmenge auftreten. Während wir unsere Untersuchungen in 300 ccm fassenden gut verschlossenen Erlenmeyerkölbchen durchführten, kochten oder verrührten die Gegner die Reaktionsmasse. Statt den Sauerstoff abzuhalten, erleichterten sie ihm den Zutritt zur reduzierten Eisenlösung und bei solchen extremen Versuchsbedingungen verlangen sie übereinstimmende Versuchsergebnisse!

Auch die Versuche der Gegner mit kolloidalem Eisenhydroxyd gelangten unter anderen Bedingungen zur Durchführung als unter den von uns eingehaltenen. Es wäre daher zwecklos, dieselben näher zu besprechen. Vermerkt soll aber werden, daß nach Tacke und Süchting die Oberflächengröße des Moostorfes jetzt auf einmal von ausschlaggebendem Einfluß auf die Absorption des kolloiden Ferrihydroxydes sein soll. Wir schließen uns dieser Meinung schon deswegen nicht an, weil zwei unlösliche Körper wie das Eisenhydroxyd in der Pseudolösung und die Emulsionskolloide nicht chemisch auf einander einwirken. Das will besagen, daß bei den Versuchen keine eigentlichen Absorptionen stattfinden, sondern daß sich das kolloidale Eisenhydroxyd direkt an die Torfsubstanzen anlagert.

Im Gegensatz zu uns erblicken Tacke und Süchting in den Absorptionsziffern fixe Größen. Aus diesem Grunde lesen sie aus den Versuchen Sachen heraus, die wir darin nicht suchten. Die absorbierten Quantitäten Basen wurden angeführt, um an Hand derselben auf die großen Unregelmäßigkeiten bei den Absorptionen hinzuweisen. Sie sollten die Unterschiede in der Absorption drei- gegenüber ein- und zweiwertigen Basen kennzeichnen und belegen, daß auch die dreiwertigen Basen nicht in stöchiometrischen Verhältnissen aufgenommen werden.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Tackes und Süchtings Versuchsergebnisse stehen in dieser Hinsicht mit den unserigen in Einklang. Ob der Prozentsatz der absorbierten Basen von dem unserigen abweicht, ist völlig Nebensache. Auch sie konstatierten, daß die Absorption bei einer bestimmten Konzentration plötzlich versagt, ignorieren aber diesen wichtigen Befund. Gerade diese merkwürdige Erscheinung läßt wohl nur die Deutung zu, daß die Aufnahme aller Basen durch Sphagnen und Moostorf durch die eigentümliche Wirsamkeit negativ geladener Kolloide erfolgt. Oder vermögen die Gegner Gründe dafür zu erbringen, weshalb die Säurewirkungen bei gewissen Konzentrationen der Salzlösungen zum Stillstand kommen? Die Löslich- oder Nichtlöslichkeit der Säure kann hierfür nicht als Ursache angegeben werden, denn nach Tackes und Süchtings Versuchen absorbiert Moostorf aus gleichnormalen Lösungen das eine Mal gar keine, das andere Mal reichliche Mengen Eisen. Oder halten sie den einen Moostorf für säurefrei?

5. Die Loslösung absorbierter Basen aus Sphagnen und Moostorf mittels Wasser.

Im Anschluß an die Absorptionsversuche mit dreiwertigen Basen halten sich die Gegner darüber auf, daß wir das Verhalten der Humussäuren gegenüber den Basen Natrium und Kalium als abnorm bezeichnen. Sie werfen uns vor, daß wir wissen könnten, daß es tatsächlich organische unlösliche Säuren gibt, die unlösliche Alkalisalze bilden, wie die Stearin-, Palmitin- und Ölsäure. An diese Substanzen haben wir von Anfang an gedacht, dabei uns aber gesagt, daß sich dieselben in der Kälte in Wasser nicht lösen, weil keine Benetzung mit Wasser erfolgt, die sogenannten Humussäuren hingegen das Vielfache ihres Gewichtes an Wasser aufnehmen und trotzdem nahezu unlöslich sein sollen. Der angenommene Präzedenzfall liegt sonach nicht vor. Tacke und Süchting werden doch nicht glauben, daß wir auf Grund vorbezeichneter Aussage den Beweis für die Nichtexistenz der Humussäuren als gegeben betrachten.

Recht sonderbar klingen die Erläuterungen, welche sie betreffs der Versuche über die Loslösung der Basen geben. Mit den falschen Begriffen von der Löslichkeit der Alkalihumate sowie der Nichtbeachtung wichtiger Nebenreaktionen soll es zusammenhängen, daß wir die Loslösung der Basen aus Humaten durch Auswaschen mit „Wasser" als unvereinbar mit der Säurenatur der Humussäuren hinstellen. Von falschen Begriffen von der Löslichkeit der Alkalihumate kann nicht gesprochen werden, denn bisher galten diese Körper allgemein als leicht wasserlöslich. Schon bei der Darstellung der sogenannten „Humussäuren" zeigt sich dies, denn in dem Maße, wie die zur Fällung der Humussäuren zugefügte freie Säure entfernt wird, geht die ausgefällte Verbindung wieder in Lösung und bei längerem Auswaschen verbleibt schließlich kein merklicher Niederschlag auf dem Filter. Die bisher als Alkalihumate bezeichneten Substanzen gehen demnach bei der Behandlung der Sphagnen bezw. des Moostorfes mit freien Basen sukzessive in das Waschwasser über. Von den Alkalihumaten werden die Absorptionen nicht ausgeübt, denn die mit Alkalien ausgezogenen Sphagnen bezw. Moostorfe weisen immer noch bis zu 99,5% des scheinbaren ursprünglichen Säuregehaltes auf. Aus diesem Grunde legen Tacke und Süchting den Humussäuren und deren Salzen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

plötzlich neue Eigenschaften bei. Es sollen sich nach ihnen eine ganze Reihe[1]) „Humussäuren" darstellen lassen und sie haben von einer α- u. γ-Humussäure Bruchstücke abgesprengt, die sie unter der Bezeichnung „Seitenketten" zusammenfassen. Nach welcher Methode sie diese neuen Humussäuren gewannen, berichteten sie bis jetzt nicht, obwohl man so hochinteressante Mitteilungen mit Spannung erwartet. Es hat den Anschein, daß sie das alte Verfahren eingehalten haben, denn sie sagen, daß im Moostorf eine große Zahl Säuren vorkommen, deren Alkalisalze im Wasser schwer löslich sind. Nun arbeiteten wir auch mit überschüssiger Natronlauge, aber trotz des Alkaliüberschusses verbleiben die Säuren im Moostorf. Es ist also wichtig festzustellen, daß man die Humussäuren durch Ausziehen des Moostorfes mit Alkalien gewinnt, daß jedoch die von den Humussäuren befreite Substanz die ursprüngliche „Acidität" beibehält.

Tacke und Süchting vertreten die Anschauung, daß der Alkalientzug der absorbierten Basen beim Auswaschen darauf zurückzuführen ist, daß nicht mit Wasser im chemischen Sinne gearbeitet wurde. Die Humussäuren sollen nämlich durch intramolekulare Zersetzung Kohlensäure abgeben, das Auswaschen mit „Wasser" sei demnach ein Auswaschen mit einer verdünnten Lösung von Kohlensäure. Sie behaupten, daß den Humaten nur ein sehr schwacher Säurecharakter zukommt, weshalb ihnen Kohlensäure das Alkali entziehe, was klar aus unseren eigenen Versuchen hervorgehe. Auf die Besonderheit, daß so schwache Säuren rasch die nahezu unlöslichen Calciumtriphosphate zersetzen, wurde früher hingewiesen. Wir halten es auch für unwahrscheinlich, daß Alkalihumate durch Kohlensäure zerlegt werden. Was Tacke und Süchting aus den Versuchen über die Loslösung der Basen beim Behandeln mit Wasser herauslesen, steht nicht darin. Bei den ersten Ausführungen benutzten wir kohlensäurefreies Wasser und zwar in kleinen und großen Quantitäten. Aus diesen Versuchen (H. 4, S. 119) geht mit aller Schärfe hervor, daß bereits kohlensäurefreies Wasser den Sphagnen und dem Moostorf die adsorbierte Base in recht ansehnlichen Mengen entzieht. Unglaubhaft ist es, daß innerhalb der ½stündigen Rührdauer überhaupt eine Kohlensäureabspaltung aus den Sphagnen bezw. aus dem Moostorf erfolgt. Sollte aber tatsächlich eine solche stattgefunden haben, so handelt es sich bestenfalls um Spuren von Kohlensäure, die keinen derartig reichlichen Basenentzug bewirken. Die übergroße Wassermenge hat auch nicht eine Zersetzung der vermeintlichen Alkalihumate veranlaßt, denn bei ½stündigem Ausrühren mit nur 400 ccm ausgekochtem Wasser wurden bei dem Moostorf 19,5 und bei den Sphagnen 21,5% der verlorenen freien Säure wieder gewonnen. Wenn wir bei späteren Versuchen zur Loslösung der absorbierten Basen kohlensäurehaltiges Wasser gebrauchten, so geschah dies auf Grund der Erfahrungen, die wir hinsichtlich der Absorptionsversuche aus Salzlösungen machten. Ein blinder Versuch läßt erkennen, daß Sphagnen bezw. Moostorf freien Laugen die Basis rascher und weit ergiebiger entziehen als anorganischen Salzlösungen. Das Einleiten der Kohlensäure hatte den Zweck, die ausgerührte freie Basis in die Karbonatform überzuführen, womit ein größerer und rascher Basenentzug erreicht wird.

[1]) Protokoll d. 64. Sitzung d. Zentral-Moor-Kommission, Berlin 1910, S. 150.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Um nicht in Widerspruch mit den Naturgesetzen zu geraten, behaupten die Gegner auf einmal, die Alkalisalze der Humussäuren seien in Wasser schwer löslich. Nun nimmt Süchting[1]) für den Moostorf einen Humussäuregehalt von 50% an und er will die Löslichkeit des Kalihumates des Torfes wie 1:60000 gefunden haben. Aus einer früheren Arbeit[2]) des Referenten geht hervor, daß der Kaligehalt der Sphagnen ein hoher ist. Er fand, daß die Trockensubstanz der lebenden Hochmoorsphagnen im Mittel 0,458% und die der abgestorbenen durchschnittlich 0,179% Kali führt. Der Kaligehalt des benutzten Sphagnumtorfes betrug nur 0,010%. Wie sind nun diese enormen Differenzen im Kaligehalt lebender, abgestorbener und der mäßig zersetzten Pflanzenteile denkbar, wenn das Kalihumat als nahezu unlöslich angenommen wird.

6. Die elektrische Leitfähigkeit von Sphagnen und Moostorf.

Tacke und Süchting prüften auch unsere Ergebnisse über die elektrische Leitfähigkeit von Sphagnen und Moostorf nach. Obwohl ihre Resultate mit den unseren übereinstimmen, drücken sie sich recht vorsichtig aus, indem sie aussagen: „Die Leitfähigkeit der Humussäuren und des Torfes für den elektrischen Strom scheint tatsächlich sehr gering zu sein." Da sich ihre Versuchsergebnisse über die elektrische Leitfähigkeit des Moostorfes mit den unserigen decken, so soll dies hier konstatiert werden, und mit den anderen Leitfähigkeitsbestimmungen haben wir uns nicht weiter zu befassen. Eine diesbezügliche Diskussion wäre zudem zwecklos, weil Angaben über die Bestimmungsmethoden fehlen. Nach ihnen kann durch die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit nicht definitiv über die Säurenatur einer Substanz entschieden werden. Auf Grund der Versuche über die elektrische Leitfähigkeit der Sphagnen bezw. des Moostorfes allein stellten wir auch nicht die Existenz der Humussäuren in Abrede. Es muß nachdrücklich betont werden, daß wir nicht einen, sondern eine große Zahl von Belegen für deren Nichtexistenz erbrachten und uns erst die Summe der Beweise veranlaßte, mit der alten Humussäuretheorie aufzuräumen.

7. Die Jodreaktion als Nachweis des Nichtvorhandenseins von freien Säuren in Sphagnen.

Tacke und Süchting verwerfen auch die Jodreaktion, durch welche zu erkennen ist, daß in den Sphagnen Stoffe vorkommen, die Säurecharakter vortäuschen aber keine wahren Säuren sind. Bringt man irgend eine in Wasser unlösliche oder schwer lösliche Säure fein verteilt auf eine Glasplatte, läßt vorsichtig eine verdünnte Lösung von Jodkalium und jodsaurem Kalium zufließen, so sieht man überall an den Berührungsstellen mit der Lösung eine braune Färbung der Säure durch Abscheidung von Jod. An hergestellten Präparaten von Hochmoorsphagnen konnten wir unter dem Mikroskop weder eine Färbung der Zellwände noch irgend eine Fleckenbildung an den Sphagnumzellen auf Zusatz der Jodsalze beobachten. Anfangs stellte sich überhaupt keine Reaktion ein. Erst allmählich färbte sich die

[1]) Protokoll d. 64 Sitzung d. Zentral-Moor-Kommission, Berlin 1910, S. 151.

[2]) Mitteilungen d. K. B. Moorkulturanstalt 1912, H. 5, S. 10 u. 12, Kommissionsverlag E. Ulmer, Stuttgart.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Flüssigkeit innerhalb der Höhlung der Hyalinzellen braun. Hierüber sprachen wir uns dahin aus, daß die Braunfärbung der Flüssigkeit dadurch zustande kommt, daß die Zellwände dem Jodkali oder dem jodsauren Kalium die Basis entziehen und in der Lösung die freie Säure zurücklassen, welche dann die Jodabscheidung bewirkt. Nun halten die Gegner obige Erklärung nicht für angängig, weil z. B. die Stärke als Kolloid diese Reaktion nicht auslöst. Mit demselben Recht könnten sie behaupten, das Calciumchlorid muß unlöslich sein, weil es der kohlensaure Kalk auch ist. Andern Orts wurde darauf hingewiesen, daß die Stärke, infolge des strukturellen Baues selbst stark dissociierten Salzlösungen nur geringe Mengen Basen entzieht und sonach aus Jodkaliumlösungen erst recht keine Säure abspalten kann. Sie bezeichnen die Jodmethode als mangelhaft, da es nicht leicht sei, geringe Mengen Jod unter dem Mikroskop einwandfrei festzustellen. Bei dem fraglichen Verfahren wollten wir nur qualitativ beweisen, daß den Sphagnen Säuren fehlen, und diesem Zwecke entspricht es auch vollkommen. Übrigens errechnen sie den Humussäuregehalt des Moostorfes und sonach auch den der Sphagnen zu ca. 50%, so daß von geringen Säuremengen nicht gesprochen werden kann. Um der Mangelhaftigkeit der Methode abzuhelfen, fügten sie den reagierenden Stoffen gelöste Stärke zu. Sie tränkten die Pflanzenteile zunächst mit der Stärkelösung und ließen hierauf die Jodsalzlösungen hinzutreten. Bei einer derartigen Versuchsanstellung ist es natürlich unmöglich, einen besonders charakteristischen Ort des Entstehens der Blaufärbung zu entdecken. Die Absorptionen gehen von der ganzen Zellhauptoberfläche aus, und demgemäß beschränkt sich die Jodabscheidung nicht auf einen Punkt. Aber selbst wenn die Jodabscheidung von einer bestimmten Stelle ausginge, so könnte dennoch keine bestimmte Stelle des Versuchspräparates bezw. der Reaktionsflüssigkeit blau erscheinen, weil sich das Jod im Entstehungszustande nicht an ein einzelnes Stärkepartikelchen anlagert, sondern einen größeren Teil der nächstliegenden Stärkelösung durchdringt. Die Idee, auf diese Weise rasch qualitativ freie Säuren nachzuweisen, ist keine neue. Schon vor mehreren Jahren[1]), machten wir auf diese leicht ausführbare Säure-Erkennungsmethode aufmerksam. Als untrügliche Erkennungsmethode für freie Säuren kann sie überhaupt nicht gelten. Viele Böden zeigen nach derselben einen Gehalt an freien Säuren und doch steht zweifellos fest, daß dieselben keine Spur freier Säuren enthalten. Die Abscheidung von Jod durch absorptiv ungesättigte Kolloide scheint eine verbreitete Reaktion zu sein; so wird sie von Oskar Loew[2]) zum Nachweis der sogen. „sauren" Reaktion von Mineralböden vorgeschlagen.

Die makroskopischen Beobachtungen von Tacke und Süchting bringen vielfach Selbstverständlichkeiten, über die wir uns nicht aufzuhalten brauchen. Nicht alle Kolloide oder Pflanzen verfügen über so große Absorptionskräfte, daß sie aus weniger dissociierten Salzlösungen Säure freimachen und können demgemäß auch keine Blaufärbung der Reaktionsflüssigkeit hervorrufen. Die Tatsache haben wir andern Orts (S. 100) genügend gewürdigt. Besondere Bedeutung messen

[1]) Naturwissenschaftl. Zeitschrift f. Forst- und Landwirtschaft 1908, H. 1, S. 5 u. 6, Ulmer, Stuttgart.

[2]) Nach R. Emmerich, M. Pettenkofers Bodenlehre d. Cholera indica, München 1910, S 720.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

die Gegner den Versuchen mit Sphagnum teres bei. Es bewirkten nämlich die rezenten Pflanzenteile keine Blaufärbung der Stärke, wohl aber die vertorften. Nach ihnen entstehen bei der Vertorfung der Sphagnen Säuren, welche die Reaktion mit dem Jodsalzgemisch geben. Tacke und Süchting verfolgen eine falsche Fährte. Nicht der Bildung von Säuren ist die Blaufärbung zuzuschreiben, sondern dem Mangel der tiefer gelegenen, vertorften Sphagnum teres-Pflanzen an adsorptiv gebundenen Basen. In einer ausführlichen Arbeit[1]) hat Referent unzweideutig festgestellt, daß die Absorptionskraft der Sphagnen von ihrem Nährstoffgehalt bestimmt wird. Nährstoffreiche Sphagnenteile bedingen ein niedriges und nährstoffarme Pflanzenteile ein hohes Basenabsorptionsvermögen derselben. Der Nährstoffgehalt und damit die Absorptionsstärke der Sphagnen für Basen wechselt je nach dem Standort bezw. den besonderen örtlichen Verhältnissen. Das eine Mal erweisen sich die unteren, das andere Mal die oberen Sphagnenteile als nährstoffreicher. In der Regel führen die oberen Pflanzenteile weit mehr freie Basen als die unteren und dies trifft besonders bei den Sphagnen zu, die auf Übergangs- oder Wiesenmooren wachsen, wie Sphagnum teres oder Sphagnum platyphyllum. Wir haben Fälle konstatiert, wo infolge des überreichlichen Nährstoffgehaltes die Absorptionskraft besagter Sphagnen nahezu aufgehoben war. Aus Jodsalzlösungen hätten sie vermutlich keine Säuren abspalten können. Die von Tacke und Süchting benutzten oberen Sphagnum teres-Pflanzen müssen demnach sehr nährstoffreich und damit adsorptiv nahezu gesättigt gewesen sein, die unteren Pflanzenteile hingegen nicht. Sonderbarerweise bringen die Gegner keine Analysen über das Versuchsmaterial! Der Hinweis auf den Versuch mit ober- und unterirdischen Sphagnenpflanzen kommt uns besonders zugute, weil damit die Gegner indirekt zugeben, daß die lebenden Sphagnen keine freien Säuren enthalten. Wohlgemerkt, wiewohl also die lebenden Sphagnen keine Säuren führen, so setzen sie aus dem nahezu unlöslichen Tricalciumphosphat spontan Phosphorsäure in Freiheit, spalten je nach der Salzlösung diese oder jene Menge Säure ab, machen aus Calciumkarbonat Kohlensäure frei, entziehen Laugen die Basis usw. und tun dies alles in gleich prozentischem Verhältnis wie der Moostorf. Ich glaube Tacke und Süchting bereuen diesen Versuch angeführt zu haben, der ihnen selber eine Falle stellt.

Die durch die Jodreaktion hervorgebrachte Blaufärbung der Stärkelösung wollen sie nicht als Kolloidreaktion deuten. Für sie gibt es auch keine „Reversibilität der Adsorption", weil die von ihnen ausgewaschenen Pflanzenteile keine höhere Acidität aufweisen als die nicht ausgewaschenen. Nachstehend wird dargetan, weshalb die diesbezüglichen Versuche von Tacke und Süchting wertlos sind. Die Acidität des zur Verwendung gekommenen Materials stellten sie nämlich nach dem alten Verfahren und nicht nach der von uns empfohlenen Calciumacetatmethode fest. Bei der Bestimmung der Acidität, d. h. des Absorptionswertes für Basen mit konzentrierter Calciumacetatlösung erhält man immer weit höhere Werte wie nach der Methode von Tacke und Süchting. Die einschlägigen Versuche und Ergebnisse hierüber veranschaulicht die Tabelle 8.

[1]) Mitteilungen der K. Moorkulturanstalt 1912, H. 5, S. 67 bis 92, Kommissionsverlag E. Ulmer, Stuttgart.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Tabelle 8.

Bezeichnung der angewandten Substanzen	Angewandte Substanz g	Einwirkungsdauer Stunden	Die von 100 g Trockensubstanz freigemachte Säure entspricht Wasserstoff g		
			Methode von Tacke und Süchting	2fach normal Calciumacetat	2fach normal Natriumacetat
Eriophorum vag. oberirdische Pflanzenteile	3	3	0,0000	0,0259	0,0206
„ „ „ „	3	18	Spuren	—	—
„ „ unterirdische „	3	3	0,0066	0,0287	0,0241
Scirpus caesp. oberirdische „	3	3	—	0,0215	0,0180
„ „ unterirdische „	3	3	0,0102	0,0329	0,0302
Dopplerit v. Kolbermoor (a. d. Luft getrocknet)	3	3	Spuren	0,0656	0,0581
„ „ „ „ „	3	18	0,0166	—	—
Leb. Hochmoorsphagnen vom Chiemseemoor	3	3	0,0668	0,0811	0,0799
Moostorf von Triangel	3	3	0,0853	0,1221	0,1147

Sämtliche untersuchten Substanzen entzogen den Acetatlösungen Basen, hingegen vermochte nur ein Teil derselben aus Calciumkarbonat Kohlensäure abzuspalten. Die unterirdischen Pflanzenteile besaßen eine größere Absorptionskraft als die oberirdischen, was auf deren Besetzung mit Wurzelhaaren zurückzuführen sein kann. Die Befunde sind von Belang, weil sie vermuten lassen, daß allen Gewächsen ein Basenabsorptionsvermögen zukommt. Die an anderer Stelle als „innere Absorption" bezeichneten Absorptionswirkungen dürften von den Zellmembranen ausgehen und von deren Strukturverhältnissen abhängen. Nach den verschiedenen Methoden errechnen sich für ein und dieselbe Substanz variierende Absorptionsgrößen, und diese bleiben sich nicht einmal für die beiden Acetatlösungen gleich. Mit ihrer Methode ergaben sich bei Sphagnen bezw. Moostorf Absorptionswerte, die um 21 bezw. 40 % von den nach dem Calciumacetat-Verfahren abweichen, und da halten Tacke und Süchting diese für empfindlich genug, um zu beweisen, daß es keine „Reversibilität der Adsorption" gibt. Wir wollen über diesen Punkt noch weitere Aufklärungen geben und dartun, weshalb bei den Gegnern die Absorptionsgröße der ausgewaschenen Pflanzen nicht anstieg, obwohl in das Waschwasser Aschenbestandteile übergingen.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß die Blätter nach dem Abfall Nährstoffe einbüßen, oder daß lebende Pflanzen in zerkleinertem Zustande reichliche Mengen von Mineralbestandteilen an Wasser abgeben. Daß die ins Wasser übertretenden Alkalien oder alkalischen Erden als freie Basen in den Pflanzen enthalten waren, behauptet niemand. Nun wird das Basenabsorptionsvermögen der Pflanzen ausschließlich von dem Gehalt an absorbierten Basen bedingt. Die gebundenen Basen sind hierauf ohne Einfluß, es können darnach reichliche Aschenbestandteile in das Extraktionswasser übergehen, ohne daß sich der Basenabsorptionswert ändert. Daß bei den Versuchen von Tacke und Süchting keine oder nur unwesentliche Quantitäten freier Basen in Lösung gegangen sind, erhellt schon daraus, daß die Waschflüssigkeit oft keine Acidität aufweist. Oder bestimmten sie etwa

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

gar den Säuregehalt der Extrakte mit kohlensaurem Kalk? Wäre dem so, so ist es mit der Löslichkeit der Humussäuren recht schlecht bestellt, denn dann hätten die 200 g frische Sphagnen durch zehnmaliges Ausziehen mit je 400 ccm heißem Wasser überhaupt keine Säure verloren. Wie bei den seinerzeitigen Sphagnenanalysen, so untersuchte Referent eine größere Zahl von Hochmoorgewächsen auf den Nährstoffgehalt und hielt dabei die ober- und unterirdischen Pflanzenteile getrennt. Er nahm diese Untersuchungen in Angriff, um zu ermitteln, welcher Prozentanteil des Gesamtnährstoffgehaltes wasserlöslich ist und welcher Prozentanteil auf adsorptiv gebundene Basen entfällt. Die diesbezüglichen langwierigen Arbeiten sind noch nicht abgeschlossen. Da sie untrügliche Beweise erbringen, daß die Pflanzen aus Salzlösungen mehr Basen absorbieren, wenn ihnen die freien Basen entzogen werden, so wird in nachstehender Tabelle 9 ein kleiner Auszug aus denselben gegeben.

Tabelle 9.

Bezeichnung der angewandten Substanz	Von 100 g Trockensubstanz abneutralisierte Säure bezw. adsorptiv gebundene freie Basen in mg H	Von den Gesamt-Alkalien sind wasserlöslich in %		Absorbierte Basen für 100 g Trockensubstanz nach Ausziehen mit 200 ccm Wasser in mg H			Absorbierte Basen für 100 g Trockensubstanz nach Entfernen der absorbiert. Basen mit 1/100 n. HCl in mg H			Von den abneutralisierten und entfernten Basen werden beim Behandeln mit Acetatlösungen wieder aufgenommen in %		
		K_2O	Na_2O	2/1 normal Calciumacetat	1/10 normal Calciumacetat	1/100 normal Calciumacetat	2/1 normal Calciumacetat	1/10 normal Calciumacetat	1/100 normal Calciumacetat	2/1 normal Calciumacetat	1/10 normal Calciumacetat	1/100 normal Calciumacetat
Rhynchospora oberirdische Teile	15,19	95,1	81,2	14,14	7,07	2,60	24,19	13,77	8,00	66,1	44,1	35,5
Eriophorum v. oberird. Teile	21,51	83,9	51,7	20,76	8,47	2,54	31,91	23,91	12,55	51,7	69,3	46,8
„ „ unterird. „	14,22	68,4	41,0	23,97	12,55	5,36	30,42	21,50	12,16	46,6	63,0	47,7
Scirpus caesp. oberird. „	11,94	74,7	32,0	13,38	7,20	2,90	21,48	13,39	8,22	70,6	51,9	44,5
„ „ unterird. „	10,88	85,5	—	22,97	15,51	7,99	29,33	20,20	11,73	55,4	43,1	37,4
Hochmoorsphag. v. Chiemseemoor	28,08	45,6	48,6	77,44	65,75	19,36	94,80	87,94	28,23	61,8	79,0	31,5
Moostorf von Triangel	13,40	96,0	30,8	110,00	87,48	23,64	115,90	83,79	28,37	44,0	47,0	35,3

Mittelzahlen

Bei den Versuchen wurden je 3 g lufttr. Substanz mit je 200 ccm ausgekochtem Wasser drei Stunden unter öfterem Umschütteln in Berührung gelassen, die abgenutschte Substanz dreimal mit je 100 ccm Wasser übergossen und das Waschwasser jedesmal gründlich abgesogen. Das letztmalige Absaugen erfolgte so lange, bis das ausgewaschene Material gut trocken erschien. Je 3 g des so behandelten Materials digerierte Referent alsdann drei Stunden mit je 200 ccm 1/100 normal Salzsäure bezw. mit je 200 ccm der Acetatlösungen und bestimmte in den Filtraten die abneutralisierte bezw. freigemachte Säure durch Titration mit Natronlauge. Um zu sehen, ob keine Salzsäure in die Pflanzen übergetreten war, wurde der Chlorgehalt der Filtrate noch gewichtsanalytisch festgelegt. In diesen war die jeweils zugegebene Salzsäure stets quantitativ enthalten, woraus hervorging, daß ein Teil derselben durch die freien Basen der Versuchssubstanzen abneutralisiert wurde. Die Proben, welche Referent drei Stunden mit 1/100 normal Salzsäure digerierte, wurden nach Ablauf der Versuchsdauer abgenutscht, dreimal

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

mit je 100 ccm Wasser ausgewaschen, dann in einem 5 Liter fassenden Glasgefäß eine Stunde mit je 4 Liter Wasser ausgerührt, abgenutscht und nach Lufttrocknung zur Bestimmung des Basenabsorptionswertes benutzt. Die Absorptionswerte der mit Säure ausgezogenen Substanzen gingen in allen Fällen beträchtlich in die Höhe. Je nach der Versuchssubstanz wurden 31 bis 79 % der abneutralisierten und entfernten Basen wieder absorbiert. An vorstehendem Beispiel können sich Tacke und Süchting überzeugen, daß hier eine „Reversibilität der Adsorption" stattfand und daß Kolloidwirkungen dieselbe hervorrufen. Des ferneren besagen die Versuche, daß ein großer Prozentsatz der Gesamtalkalien leicht wasserlöslich ist. Der wasserlösliche Anteil der Basen findet sich nicht in freier, sondern in gebundener Form in den Extrakten. Sind die Pflanzen und speziell die Sphagnen nicht mit freien Basen übersättigt, so gehen dieselben auch nicht in das Waschwasser über. Den nicht übersättigten Basenanteil vermag man erst bei Behandeln der Pflanzen mit Säure in Lösung zu bringen. Nun sind die Fälle durchaus nicht so selten, in welchen die Sphagnen überreiche Mengen freier Basen aufnehmen. Dies trifft wohl kaum jemals bei Sphagnen zu, die auf dem Hochmoor ihren Standort haben. Das fragliche Sphagnum acutifolium der Gegner wächst mit Vorliebe auf den Hochmooren und nach dem geringen Aschengehalt rührt es von einem nährstoffarmen Hochmoor her. Es gibt zwar einen großen Teil der Alkalien an Wasser ab, aber nicht die freien Basen. Sein Aschengehalt muß sich bei der Extraktion mit Wasser verringern, ohne daß die „Acidität" eine merkliche Veränderung erfährt, weil dabei keine adsorptiv gebundenen Basen verloren gehen. Tacke und Süchting wählten ein Sphagnum, von dem im voraus zu sagen war, daß der Versuch negativ ausfallen würde. Weshalb gebrauchten sie nicht das Sphagnum teres, das infolge der Nährstoffanhäufung keine Blaufärbung der Stärkelösung erzeugte? Vielleicht hat dies der Mangel an Versuchsmaterial verschuldet, was für diesen Fall entschuldbar wäre. Wie kommt es aber, daß die Gegner alle Augenblicke mit neuem Moostorf operierten? Werden wissenschaftliche Arbeiten ausgeführt, so ist es das erste, für einheitliches, ausreichendes Versuchsmaterial zu sorgen. Wir verwendeten stets den gleichen Moostorf und dasselbe Sphagnummaterial und besitzen davon noch jetzt einen reichlichen Vorrat, wovon wir auf Wunsch zur Nachkontrolle unserer Ergebnisse einen Teil überlassen. Auch das Tricalciumphosphat, das Calciumoxalat sowie das merkwürdige Eisen, von dem später die Rede sein wird, haben wir aus Vorsicht aufgehoben.

8. Die Invertierung der Saccharose durch Moostorf als „Beweisreaktion" für die Existenz von Humussäuren.

Tacke und Süchling ziehen aus dem Verhalten des Moostorfes gegen Tricalciumphosphat, Calciumoxalat, Acetat- und Jodsalze, Eisenchlorid und kolloidales Eisenhydroxyd, sowie aus ihrer Kritik über die Loslösung der Basen und den „Versuchen" über die „Reversibilität der Adsorption" den Schluß, daß in den Sphagnen und besonders im Moostorf saure Stoffe vorhanden sind. Das Eigentümliche hierbei ist, daß sie auch die Sphagnen als sauer bezeichnen, obwohl sie diese in der Regel nicht in ihre Versuche einbezogen haben und sich auf Grund eines Sphagnenversuches auf Seite 743 und 744 wörtlich wie folgt aussprechen:

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

„Unter Berücksichtigung dieser Versuche ist dann, wie oben schon hervorgehoben wurde, das Resultat mit dem auf nicht saurem Boden gewachsenen Sphagnum teres besonders lehrreich, das deutlich zeigt, daß die nicht sauren Sphagnumpflanzen beim Absterben und bei der Verlorfung sauer geworden sind."

Daß ihnen die bisher erbrachten Beweise für die Existenz der Humussäuren noch nicht genügten und sie deswegen versuchten, zwei für Säuren typische Reaktionen — nämlich die Invertierung der Saccharose und die Wasserstoffentwicklung aus Eisen durch Moostorf — auf vorliegenden Fall anzuwenden, wird niemanden verwundern. Da sie bei den Absorptionsversuchen mit Eisensalzen keine tiefgreifenden störenden Einflüsse gelten lassen, wird es Kopfschütteln erregen, wenn man hört daß ihnen diese Versuche große Schwierigkeiten verursacht haben, weil es sich dabei zeigte, wie ungeheuer verwickelt die Reaktionen hier verlaufen, und wie sehr man eine aufs schärfste angespannte Kritik zu Hilfe nehmen muß, um sich vor Trugschlüssen zu bewahren. Hätten sich Tacke und Süchting vor Inangriffnahme der diesbezüglichen Versuche zuerst darüber ein Urteil zu schaffen versucht, ob die Invertierung der Saccharose und die Entwicklung von Wasserstoff aus Eisenpulver tatsächlich nur durch Säuren bewirkt wird, so hätten sie sich viel Arbeit und unnötige Worte erspart. Trotzdem die Invertierung des Rohrzuckers durch Moostorf eine typische Säurereaktion sein soll, besagen sie selber, daß bei diesen Versuchen für Einwände Tür und Tor offen stehen. Sie wagen es nicht direkt auszusprechen, daß Säuren die Invertierung der Saccharose vollzogen haben, sondern nach ihnen ist ein hoher Grad von Wahrscheinlichkeit da, daß Stoffe im Moostorf zugegen sind, die die Invertierung von Zucker beschleunigen. Bestritten wurde, daß der Moostorf freie Säuren enthalte, aber nicht, daß derselbe Stoffe berge, die die Invertierung des Zuckers beschleunigen. Nachfolgend wird unter Hinweis auf Literaturangaben kurz erwiesen, daß auch säurefreier Moostorf infolge seiner chemischen Zusammensetzung und der physikalischen Eigenschaften Saccharose invertieren muß.

Herzfeld [1]), Smith [2]) und Lindet [3]) konstatieren, daß beim längeren Erwärmen mäßig verdünnter Zuckerlösungen Inversion eintritt. Dieselbe ist nach Raymann und Sulz [4]) von dem Gefäß (Platin, Glas, Kupfer, Silber) abhängig. Also schon eine Temperaturveränderung bewirkt eine teilweise Invertierung von Saccharoselösungen, die nach andauerndem Kochen eine totale sein kann.

Nach Körner [5]) und Burkhard [6]) veranlaßt eine verdünnte Schwefelsäure in der Kälte schwache, in der Wärme starke Inversion.

Lieben [7]) stellte fest, daß sich beim längeren Kochen die Zuckerlösung zersetzt unter Bildung von Ameisensäure.

[1]) Zeitschrift des Vereins d. d. Zuckerindustrie 1893, 43, 745.
[2]) Zeitschrift für Chemnie 1898, 25, 144.
[3]) Chemisches Zentralblatt 1904, I., 934.
[4]) Zeitschrift für physikalische Chemie, 1896, 21, 481.
[5]) Chemisches Zentralblatt 1897, 689.
[6]) Neue Zeitschrift für Rübenzuckerindustrie 1885, 14, 176.
[7]) Monatshefte f. Chemie 1898, 19, 347.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Emmet[1]) wies nach, daß verdünnte Zuckerlösungen bei Gegenwart von freier Phosphorsäure rasch und vollständig invertiert werden und dabei Ameisensäure und viel Furol entstehen.

In der Wärme genügen schon sehr geringe Mengen Salzsäure zur Inversion. Nach Soxhlet[2]) ist diese vollständig, wenn man z. B. 9,5 g Zucker mit 800 ccm Wasser und 100 ccm $^1/_5$ Normalsäure (also Salzsäure von 0,09 %) 30 Minuten auf 100° erhitzt, und nach Maumené[3]) braucht man sogar eine Lösung von einem Teile Zucker in 5 bis 6 Teilen Wasser nur mit 0,001 %iger Salzsäure höchstens 5 Minuten lang zu kochen, um die Rechtsdrehung von + 100° in eine Linksdrehung von — 44° übergehen zu sehen.

Alle organischen Säuren invertieren mehr oder weniger stark Saccharoselösungen und liefern dabei reine, von Nebenprodukten freie Reaktionsmassen. Ähnlich, wenn auch langsam und nur bei höherer Temperatur, wirken selbst sehr schwache organische Säuren, wie z. B. Bernsteinsäure[4]), Milchsäure[5]), Stearinsäure[6]), Ölsäure und ähnliche Fettsäuren[7]), die Pektinsäuren[8]), Asparagin, das ist Amido-Succinaminsäure[9]), Alanin, Leucin und Glykokoll[10]). Auch Kohlensäure wirkt auf Zuckerlösungen invertierend. Besonders ist dies in der Wärme der Fall. Hierüber liegen ausführlichere Arbeiten vor von Malaguti[11]), Lund[12]), Scheibler[13]) und Lippmann[14]).

Schwefelsaure und phosphorsaure Alkalisalze, die reichlich im Torf bezw. in den Sphagnen vorkommen, leiten ebenfalls die Inversion ein. Nach Smith[15]) wirken beim Kochen in $^1/_{61}$ molekularer Lösung die Sulfate auf 10 %ige Zuckerlösung binnen 12 Stunden ganz merklich, binnen 18 Stunden sehr stark invertierend.

Halogenverbindungen der Alkalimetalle geben bei andauerndem Kochen stets zu einer merklichen Inversion Anlaß. Smith[16]) beobachtete beim Kochen 10 %iger Zuckerlösung mit Chlorkalium in $^1/_{61}$ molekularer Lösung, nach 2 Stunden beginnende und nach 22 Stunden fast vollständige Inversion, deren Verlauf aber ein ganz unregelmäßiger war.

[1]) Journal f. prakt. Chemie (1) 12, 120.
[2]) Journal f. prakt. Chemie II, 21, 229.
[3]) Journal des fabricants de sucre 31, 46 und 32, 39.
[4]) Smith, Zeitschr. f. Pharm. 25, 16.
[5]) Bourquelot, Compte rendus 97, 1000.
[6]) Stammer, Zeitschr. d. Ver. d. d. Zuckerind. 9, 426.
[7]) Gonnermann, Die Deutsche Zuckerind. 24, 450.
[8]) Herzfeld, Zeitschr. d. Ver. d. d. Zuckerind. 43, 173.
[9]) Claassen, Zeitschr. d. Ver. d. d. Zuckerind. 44, 693 und Degener, Die deutsche Zuckerindustrie 22, 66.
[10]) Rayman u. Sulz, Zeitschr. f. Pharm. 21, 481.
[11]) Journ. d. Pharm. et de Chim. (2) 21, 447.
[12]) Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1876, 9, 277.
[13]) Zeitschr. d. Ver. d. d. Zuckerind. 1873, 23, 397.
[14]) Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1880, 13, 1823 u. Zeitschr. d. Ver. d. d. Zuckerind. 1880, 30, 812.
[15]) Zeitschr. f. Pharm. 25, 144.
[16]) Zeitschr. f. Pharm. 25, 144.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Halogenverbindungen der Erd- und Schwermetalle veranlassen bei 100° fast sämtlich Inversion, die ersten nur bei Gegenwart von genügend Wasser. Besonders kräftig und unter Bräunung wirken Chlorcalcium und Chlormagnesium.

Die Alkalien und Karbonate des Torfes bezw. der Sphagnen bedingen nach Bodenbender[1]), Soltmann[2]) und Müntz[3]) ebenfalls eine erhebliche Beeinflussung der Rotation der Saccharose, die abhängig ist von der Konzentration. Pellet[4]) fand, daß Alkalien und Alkalikarbonate das Drehungsvermögen von Zucker unter Umständen ganz aufheben.

Metalle beschleunigen gleichfalls die Zuckerzersetzung. Kocht man 50 bis 60 ccm verdünnter Zuckerlösung unter Zusatz von 1 g feinsten Pulvers gewisser Metalle (Palladium, Rhodium, Osmium, Platin, Silber, Kupfer usw.) in einem Glaskolben mit Rückflußkühler, so erfolgt Inversion, Oxydation und Bildung von Säuren, die wieder die Inversion beschleunigen[5]).

Starke Oxydationsmittel zersetzen Zuckerlösungen beim Kochen vollkommen. Dies ergeben die Untersuchungen von Stürenberg[6]), Butlerow[7]), Groß und Bevan[8]), Volmer[9]) und Hoffmann[10]). Hervorzuheben wäre, daß Ammoniumnitrat[11]) den Zucker bei 125° zersetzt unter stürmischer Reaktion und unter Entwickelung von viel Stickoxyd. Ähnlich wirkt, wie Brogniart schon 1777 beobachtete, auch Kaliumnitrat. Zuckerstaub mit feinstem Eisenpulver[12]) erwärmt, veranlaßt eine äußerst heftige Reaktion unter starker Gasentwickelung. Beim Erhitzen eines bei 105° getrockneten feuchten Breies aus Zucker und Eisenhydroxyd bis 160° erfolgt gleichfalls heftige Zersetzung, und erhitzt man nur auf 130°, so entsteht eine äußerst leicht entzündliche Substanz, vielleicht eine Eisenverbindung mit Caramel. Übergießt man feinkörnige, mit siedendem Wasser ausgewaschene Knochenkohle noch heiß mit Zuckerlösungen von 85 bis 95° C, so findet nach Bentzke[13]) so heftige Oxydation statt, daß Caramelisation eintritt, große Mengen Wasserdampf entweichen und selbst Explosion stattfinden kann. Bereits Michaelis[14]) war bekannt, daß schon geringe Mengen Eisen- und Manganverbindungen die Zersetzung des Zuckers, besonders in warmen und alkalischen Lösungen, merklich begünstigen. Freier Sauerstoff ist ohne Einfluß auf neutrale Zuckerlösungen; von schwach sauren und daher etwas Invert-

[1]) Zeitschr. d. Ver. d. d. Zuckerind. 1865, 15, 167.
[2]) Zeitschr. d. Ver. d. d. Zuckerind. 1866, 16, 172.
[3]) Zeitschr. d. Ver. d. d. Zuckerind. 1876, 26, 737.
[4]) Bulletin de la Soc. chim. 1878, 28, 250.
[5]) Rayman u. Sulz, Zeitschr. f. Pharm. 21, 486.
[6]) Annalen d. Chemie u. Pharm. 29, 291.
[7]) Journ. f. prakt. Chemie, 1852, 56, 274.
[8]) Chem. Zentralbl. 1893, 407.
[9]) Zeitschr. d. Ver. d. d. Zuckerind. 1895, 45, 471, 473.
[10]) Ber. d. Deutsch. chem. Gesellsch. 1900, 33, 1328.
[11]) Maumené, Comptes rendus 79 663.
[12]) Volmer, Zeitschr. d. Ver. d. d. Zuckerind. 45, 471 u. 473.
[13]) Bentzke, Journ. f. prakt. Chemie I, 57.
[14]) Michaelis, Zeitschr. d. Ver. d. d. Zuckerind. 1, 487.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

zucker enthaltenden Saccharoselösungen, wird er aber leicht absorbiert, wobei nach Malaguti[1]) viel Ameisensäure entsteht.

Die Invertierung von Rohrzucker kann noch von einer Reihe anderer Stoffe bezw. physikalischer Faktoren (elektr. Ströme) veranlaßt werden, auf die der Kürze wegen nicht eingegangen werden soll. Die angeführten Zitate lassen zur Genüge erkennen, weshalb der Moortorf bezw. die Sphagnen Rohrzucker invertieren, ohne freie Säuren enthalten zu müssen. Selbst wenn wir die Substanzen als absolut frei von Alkali und Alkalisalzen usw. annehmen, wird durch das Erhitzen die Inversion der Saccharose eingeleitet. Hiebei entstehen organische Säuren und Kohlensäure, die die Invertierung beschleunigen, und anwesende oder entstehende oxydierende Stoffe führen dieselbe zu Ende.

9. Die Wasserstoffentwickelung aus Eisen als „elementarste" Säurereaktion.

An Hand von Literaturangaben konnte nachgewiesen werden, daß die Invertierung der Saccharose nicht als Säurereaktion aufzufassen ist. Wir wollen nun dartun, wie es mit der zweiten „typischen" Säurereaktion von Tacke und Süchting bestellt ist, die sie als die „elementarste" hinstellen.

Bereits vor mehreren Jahren, als Referent noch von dem Säuregehalt des Hochmoorbodens überzeugt war, befaßte er sich mit Versuchen, die dahin gerichtet waren, den Humussäuregehalt des Bodens auf gasvolumetrischem Wege zu bestimmen. Er ging von der Voraussetzung aus, daß die Säuren des Hochmoores mit Metallen Wasserstoff entwickeln und das freiwerdende Volumen Wasserstoff einen Maßstab für die vorhandene Säurenmenge abgeben müsse. Zu den Versuchen gebrauchte er Magnesium-, Aluminium- und Eisenpulver, experimentierte bei Zimmertemperatur und zwar zuerst in einer Sauerstoff-, zuletzt aber in einer Wasserstoffatmosphäre, erreichte jedoch keine positiven Resultate. Die diesbezüglichen Bemühungen erwiesen, daß überall da, wo überhaupt eine meßbare Wasserstoffentwicklung eintrat, dieselbe nicht allein von den Säuren des Bodens veranlaßt wird. Da schon die in der Kälte ausgeführten Versuche negative Ergebnisse zeitigten, konnte sich Referent nicht entschließen, mit fraglichen Substanzen in der Hitze zu operieren. Weil aber die Gegner derartige Untersuchungen in der Hitze auszuführten und das entwickelte Wasserstoffvolumen als Gradmesser für den Gehalt des Torfes an freien Säuren ansehen, war es von Wichtigkeit festzustellen, ob Tackes und Süchtings Versuche dazu angetan sind zu beweisen, daß nur Säuren die Wasserstoffentwicklung aus Eisen betätigen.

Als Säuren definiert man in der Regel sauer reagierende Wasserstoffverbindungen, deren Wasserstoff durch Metalle ersetzbar ist. Bei der Einwirkung einer Säure auf ein Metall entsteht demnach freier Wasserstoff. Diese für Säuren allbekannte Reaktion verläuft vielfach quantitativ in der Kälte. Niemanden dürfte es einfallen, nur solche Wasserstoffverbindungen als Säuren zu bezeichnen, die erst in der Siedehitze mit Metallen Wasserstoff frei machen. Aber selbst wenn man diese für Säuren typisch sein sollende Reaktion nur für niedere Temperaturen als zutreffend erklärt, kommt man doch damit ins Gedränge, denn sie hat nur beschränkte Gültigkeit.

[1]) Malaguti, Annales de chimie et de physique II, 59, 412.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Tacke und Süchting schenkten dem Umstand zu wenig Beachtung, daß Wasser allein viele Metalle zersetzt. Kalium und Natrium verwandeln das kalte Wasser unter stürmischer Wasserstoffentwicklung glatt in die Hydroxyde. Die zersetzende Wirkung des Wassers erlangt bei andern Metallen nie mehr die Stärke wie bei vorgenannten zwei Elementen. Je nach der Natur der Metalle ist sie größer oder kleiner, und manche Metalle werden scheinbar von Wasser nicht angegriffen. Die Stärke der Wasserstoffentwicklung steht im Zusammenhang mit der Feinheit und Reinheit des angewendeten Metalles. Aus Metallen, welche mit kaltem Wasser keine erkennbare Wasserstoffentwicklung geben, läßt sich eine solche mitunter erzeugen, wenn man das Reaktionsgemisch kocht oder demselben Salze zusetzt. In welchem Maße ein Metall von Wasser zerlegt wird, hängt demnach von Faktoren ab, die zum Teil unbekannt sind. Der reaktionsfördernde Einfluß gewisser Faktoren gibt sich bei manchen Metallen ohne weiteres zu erkennen, bei anderen Metallen sind aber hiezu eingehendere Untersuchungen notwendig.

Wird z. B. ein Magnesiumband in kaltes destilliertes Wasser gelegt, so bemerkt man längere Zeit kein Aufsteigen von Wasserstoffbläschen, während bei Magnesiumpulver bald eine deutliche Wasserstoffentbindung stattfindet. Erst wenn das Metall mit einer Schicht $Mg(OH)_2$ bedeckt ist, ruht die Reaktion. Diese wird von neuem eingeleitet, wenn dem Reaktionsgemisch Alkalisalze[1]) — am besten Natriumsulfat — beigefügt werden. Selbst auf Zusatz von Magnesiumsalzen[2]) vollzieht sich eine weitere Wasserstoffentwicklung, was wohl dadurch zu erklären ist, daß die schützende Schicht von $Mg(OH)_2$, die in reinem Wasser den Angriff mechanisch hemmt, unter Bildung basischer Salze aufgelöst wird.

Eine weit geringere Reaktionsfähigkeit gegen Sauerstoff und Wasser als die Alkalien und das Magnesium besitzt das Aluminium. Der Betrag seiner Oxydationsgeschwindigkeit ist zwar ziemlich groß, aber die entstehende Oxydschicht bildet eine schützende Decke, die ein tieferes Eindringen des Sauerstoffs verhindert. Das Verhalten des Aluminiums gegen Säuren, Basen, Salze und Wasser ist ein recht merkwürdiges, weshalb dieses Metall in den Kreis unserer Betrachtungen einbezogen wird.

Von verdünnter Schwefelsäure wird Aluminium nur langsam aufgelöst. In der Kälte wirken weder verdünnte noch konzentrierte Salpetersäure auf dasselbe ein, hingegen wird es von verdünnter Phosphorsäure bereits bei niederen Temperaturen unter Wasserstoffentwicklung stark angegriffen. Hierüber liegen eingehendere Untersuchungen von W. Smith[3]) vor. Hervorgehoben sei, daß Aluminiumpulver Ameisensäure reduziert nach der Gleichung:

$$3\,HCO_2H + 2AC_2 = 2\,Al_2O_3 + 3\,C + 3\,H_2.$$

Die stark dissoziierten Hydroxyde wie Natrium-[4]) und Kaliumhydroxyd reagieren auf Aluminium unter Bildung von Wasserstoff und Aluminiumhydroxyd bzw. Aluminat. Ammoniak greift Aluminium nur in konzentrierten und heißen

[1]) Lemoine, Comptes rendus 1899, 129, 291.
[2]) Kahlenberg Journ. Amer. Chem. Soc. 1903, 25, 380.
[3]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1904, 23, 475.
[4]) Mallet, Phil. Trans. 1880, 1003 u. Proc. Roy. Soc. 30, 329 bis 332 u. 1882, 574 bis 576.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Lösungen an. Es bildet sich bald eine harte Schicht von $Al(OH)_3$, die die weitere Einwirkung verhindert [1]).

Charakteristisch ist für das Aluminium die Eigenschaft von kohlensauren oder phosphorsauren Alkalien sehr energisch angegriffen zu werden. Chloride und Nitrate lösen es sogar ziemlich bedeutend [2]).

Reines Aluminium wird von Wasser sehr schwer zerlegt. Aluminium des Handels hingegen wird mit reinem Wasser und unter Luftabschluß schon nach einigen Tagen matt, es entwickelt sich Wasserstoff. Kupferhaltiges Aluminium erleidet durch Wasser starke Korrosionen. Mit kochendem Wasser entsteht in Gegenwart einiger Tropfen verdünnter Kaliumpermanganatlösung stürmische Wasserstoffentwicklung. Eine größere Menge von Kaliumpermanganat beeinträchtigt die anscheinend katalytische Wirkung. Aluminiumbleche von 99,01 bezw. 99,02% Al, 0,18 bezw. 0,82% Fe und 0,80 bezw. 0,15% Si zeigten beim täglichen Behandeln *mit siedendem Wasser (täglich 3 Std. lang) am Anfang größere Gewichtsabnahme* als am Ende der Versuche.

Diese Angaben reichen vollauf hin, um darzulegen, daß die Metalle ein recht verschiedenes Verhalten gegen Lösungsmittel aufweisen. In der Regel ist die lösende Kraft der Säuren auf Metalle eine bedeutend stärkere wie die des Wassers. Letzteres wirkt jedoch auf gewisse Metalle ebenso intensiv ein als manche Säuren und die metallzersetzende Wirkung des Wassers erhöht sich, wenn dasselbe in der Siedehitze, oder mit Salzen verunreinigt, zur Einwirkung gelangt. *Hieraus ergibt sich, daß nicht bloß Säuren mit Metallen Wasserstoff entwickeln,* sondern daß dies sogar Basen bewirken und es Wasser ebenfalls tut, wenn entsprechende Versuchsbedingungen vorliegen. Nun zählt gerade das Aluminium zu den Metallen, die sich am indifferentesten gegen Wasser verhalten, und daher war es für uns sehr wahrscheinlich, daß beim Kochen des Eisens mit Wasser Wasserstoff frei wird.

Über das Verhalten des Eisens gegen Wasser und Salze liegen nur wenige Literaturangaben vor. Die meisten chemischen Werke sprechen sich über diese Frage nicht aus, andere begnügen sich mit der Notiz, daß kochendes Wasser mit Eisen etwas Wasserstoff entwickelt. Ramann [3]) beobachtete, daß Wasser aus Eisen umsomehr Wasserstoff freimacht, in je feinerem und reinerem Zustande das Metall angewendet wird. Er vermutet, daß die Passivität des Eisens durch vorhandenes und entstehendes Hydrat von Ferro- und Ferrihydroxyd veranlaßt wird. Damit Tacke und Süchting nachgewiesen werden kann, welche Beweiskraft ihrer „elementarsten" Säurereaktion zukommt, führten wir über das Verhalten von Eisen gegen Wasser und Salze eingehende Untersuchungen aus, welche in eklatanter Weise bekunden, daß man je nach den Versuchsbedingungen mit Eisen und Wasser beliebige Volumen Wasserstoff erzeugen kann, ohne daß Säuren zugegen sind. Gleichzeitig wurden Versuche ausgeführt, aus denen hervorgeht, daß der Moostorf mit Eisen nur ein Minimum Wasserstoff entwickelt, nicht weil die Säuren, welche zugegen sein sollen, mit Calciumkarbonat abgestumpft werden. Das Eisen

[1]) W. Ohlmüller u. R. Heise, Arb. d. d. Kaiserl. Gesundheitsamt 1892, 8, 377.
[2]) Dammer, Handb. d. anorg. Chemie IV., 1903, 674.
[3]) Ber. d. Deutschen Chem. Gesellsch. Berlin, 14, 1433.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

wird vielmehr deshalb passiv, weil das Wasser durch den Zusatz von Calciumkarbonat eine Alkalinität annimmt. Tacke und Süchting bestimmten den Wasserstoff gasanalytisch nach der Methode von Geppert[1]). Sie füllten das beim Kochen entweichende Gas mit einer Quecksilberpumpe in Eudiometer über, leiteten reinen Sauerstoff zu und brachten das Gasgemisch zur Explosion. Diese komplizierte und eine teuere Apparatur erfordernde Wasserstoffbestimmungsmethode läßt sich mit Vorteil durch die Winklersche[2]) Verbrennungsmethode ersetzen. Nach letzterer kommt das mit Luft vermengte Wasserstoffgas durch Überleiten über schwach erwärmten Palladiumasbest zur Verbrennung. Dieses Verfahren liefert genaue Resultate, ist leicht ausführbar und wenig zeitraubend. Die Tabelle 10 gibt die Versuche an, die von uns ausgeführt wurden, um das Verhalten des Eisens gegen Wasser und Salze kennen zu lernen. Wie die Sphagnen bezw. der Moostorf auf genanntes Metall einwirken, geht ebenfalls aus der Zusammenstellung hervor.

Zur Ausführung der Versuche diente der gleiche Apparat wie der bei der Bestimmung des Salpeterstickstoffs nach dem Schlösing-Wagnerschen Verfahren[3]) übliche. Um die Luft aus dem Apparat zu vertreiben, wurde jeweils der ca. 400 ccm fassende Erlenmeyerkolben zu $^4/_5$ mit ausgekochtem destillierten Wasser gefüllt, in die eine Öffnung des Gummistopfens die zur Wasserwanne führende Gasableitungsröhre eingesetzt, durch das zweite Gummiloch die einen graduierten Trichter tragende Glasröhre bis nahe an die Bodenfläche des Kochgefäßes eingeführt, der Apparat dicht abgeschlossen und das Wasser zum Kochen gebracht. Nach 20 Minuten langem Kochen wurde die mit Wasser gefüllte Gasbürette über der Gasableitungsröhre angebracht, in das Trichterchen das Eisenpulver gegeben, darüber kaltes Wasser gegossen und durch Öffnen des weithalsigen Glashahnes die Zufuhr des Metalles bewerkstelligt. Sobald das Eisen mit dem siedenden Wasser zusammentrifft, stellt sich heftiges Aufkochen und Wasserstoffentwicklung ein. Da wo wir das Verhalten des Eisens gegen Salze prüften, wurden unmittelbar vor dem Eisenzusatz statt Wasser die Salzlösungen über das Metall gegossen und beide vereint in den Kochkolben einlaufen gelassen. Die Substanzen ($CaCO_3$, Fe_2O_3), bei denen keine Zersetzung zu befürchten war, wurden gleich mit dem Wasser in das Erlenmeyergefäß gebracht; dasselbe geschah bei dem Pflanzenalbumin, den Sphagnen und dem Moostorf. Durch den übergehenden Wasserdampf erwärmt sich das Wasser in der Vorlage (Wanne), weshalb sich außer dem Wasserstoff noch Luft in der Meßbürette ansammelt. Bei dem Versuch mit Ammoniumkarbonat ging natürlich auch Kohlensäure in die Gasbürette über und Spuren von Kohlensäure sind vielleicht auch bei dem Asparaginversuch in dieselbe übergetreten. Wo Verdacht bestand, daß dem Wasserstoff Kohlensäure beigemischt sein könnte, leiteten wir das Gasgemisch zur Befreiung von Kohlensäure vor der Verbrennung mehrmals über frisch bereitete ammoniakalische Kupferchlorürlösung.

Die erhaltenen Versuchsresultate sind sehr instruktiv. Sie lehren, daß *verschiedene Eisensorten* mit Wasser gekocht recht *variable Mengen* Wasserstoff entwickeln. Es gibt Eisenpräparate, auf welche siedendes Wasser verhältnismäßig

[1]) J. Geppert, „Die Gasanalyse und ihre physiol. Anwendung usw.", Berlin 1885.
[2]) Cl. Winkler, Lehrb. d. techn. Gasanalyse, 3. Aufl., 1901, 166 bis 168.
[3]) J. König, „Die Unters. landw. u. gewerbl. wichtiger Stoffe", 1906, 3. Aufl., S. 144.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Tabelle 10.

Angewandte Menge Eisen in g	Zugegebene Substanzmenge in g bezw. ccm	Kochdauer in Minuten	Temperatur in °Celsius	Barometerstand in mm	Beim Kochen entwichenes Gas (Luft + H) in ccm	Gasvolumen nach Luftzufuhr in ccm	Gasvolumen n. erfolgter Verbrennung in ccm	Volumenverminderung durch H-Verbrennung in ccm	Von der Volumenverminderung entfallen auf Wasserstoff in ccm	Entwickelter Wasserstoff berechnet auf 0°C. und 760 mm in ccm	Bemerkungen
5 Fe a	Fe a) = v. Kahlbaum in Berlin bezogenes Fe bezeichnet „zur Analyse", 100 g kosteten Mk. 2.70	45	20	712	12,0	41,7	33,0	8,7	5,80	4,96	
5 Fe a		45	18	724	4,8	19,6	19,4	0,2	0,13	0,11	
5 Fe a		45	18	724	7,4	26,0	23,8	2,2	1,47	1,28	
5 Fe b	Fe b) = v. Kahlbaum in Berlin bezogenes Fe bezeichnet Ph. G. V, 100 kg kosteten Mk. 0,40	45	17	715	7,8	29,0	27,0	2,0	1,33	1,13	
5 Fe b		45	17	715	6,6	25,2	23,2	2,0	1,33	1,13	
5 Fe b		150	19	724	20,2	71,1	63,0	8,1	5,40	4,70	
5 Fe c	v. Buchner & Sohn, Münch.	45	17	721	21,2	73,6	50,2	23,4	15,60	13,04	Fe war chlorhaltig.
1 Fe d		45	18	724	10,2	48,6	43,6	5,0	3,33	2,91	
5 Fe d	Fe d) = v. Kahlbaum in Berlin bezogenes reinstes Fe-Pulver bezeichnet Kahlbaum + 10 g kosteten Mk. 2,25	22	18	725	26,8	94,1	63,5	30,6	20,40	17,88	
5 Fe d		die erst. 22	18	721	19,8	75,1	54,9	20,2	13,50	11,76	in 45 Min. = 27,18 ccm H.
5 Fe d		weitere 23	18	721	23,8	83,8	57,3	26,5	17,70	15,42	
5 Fe d		die erst. 22	18	710	25,0	91,4	60,1	31,3	20,87	17,90	in 45 Min. = 34,21 ccm H.
5 Fe d		weitere 23	18	710	23,0	93,6	65,0	28,6	19,06	16,31	
5 Fe a	0,500 $CaCO_3$ = 10 mg S.H.	45	18	723	4,0	19,0	19,0	0,0	0,00	0,00	
5 Fe a	0,100 Fe_2O_3	45	18	723	5,2	21,4	20,4	1,0	0,67	0,58	
5 Fe d	0,050 $CaCO_3$ = 1 mg S.H	die erst. 22	18	710	8,5	35,4	28,4	7,0	4,67	4,00	in 45 Min. = 6,29 ccm H.
5 Fe d	0,050 $CaCO_3$ = 1 mg S.H	weitere 23	18	710	6,0	28,8	24,8	4,0	2,67	2,29	
5 Fe d	0,500 $CaCO_3$ = 10 mg S.H.	22	18	724	5,3	29,4	26,4	3,0	2,00	1,75	in 45 Min. — 9,02 ccm H.
5 Fe d	0,069 K_2CO_3 = 1 mg S. H	die erst. 22	18	712	9,8	35,8	25,5	10,3	6,87	5,91	
5 Fe d	0,069 K_2CO_3 = 1 mg S. H.	weitere 23	18	712	6,2	33,0	27,4	5,6	3,73	3,11	
5 Fe d	6,3 ccm $Ba(OH)_2$ = 1 mg S.H.	45	18	713	4,4	27,2	27,2	0,0	0,00	0,00	
5 Fe b	10 ccm 2% Asparagin	45	18	724	13,7 v. Abs. / 11,2 n. Abs.	39,9	30,9	9,0	6,00	5,25	
5 Fe b	10 „ 0,107% Ammonoxalat	45	18	719	11,2	42,4	36,6	5,8	3,87	3,36	Salz entspr. 0,151 mg S. H.
5 Fe b	10 „ 0,107% „	45	18	724	10,2	43,2	37,6	5,6	3,73	3,26	„ „ 0,151 „ „
5 Fe b	10 „ 1,07% „	45	18	716	29,4	97,5	63,6	33,9	22,60	19,50	„ „ 1,151 „ „
5 Fe b	10 „ 1,07% „	45	18	719	28,8	91,4	59,2	32,2	21,50	18,70	„ „ 1,510 „ „
5 Fe b	10 „ 1,39% Kaliumoxalat	45	18	713	9,8	36,6	32,6	4,0	2,67	2,30	„ „ 1,510 „ „
5 Fe b	10 „ 1,0% Ammonsulfat	45	18	721	20,8	69,8	48,8	21,0	14,20	12,20	„ „ 1,510 „ „
5 Fe b	10 „ 1,0% „	45	18	721	19,6	68,8	48,3	20,5	13,70	11,90	„ „ 1,510 „ „
5 Fe b	10 „ 1,2% Ammoncarbon.	45	18	718	10,2 v. Abs. / 6,6 n. Abs.	21,6	18,8	2,8	1,87	1,62	„ „ 1,510 „ „
5 Fe b	15 „ 1,35% Leucin (synt.)	45	18	716	7,0	34,4	29,6	4,8	3,20	2,77	
5 Fe b	0,20 Leucin (Pflanzen)	45	17	714	14,6	56,6	51,8	4,8	3,20	2,77	
5 Fe d	0,10 Pflanzenalbumin	45	18	713	8,6	35,2	28,8	6,4	4,27	3,68	
5 Fe b	3,0 Torf mit 84,2% Tr.-S.	die erst. 22	18	718	21,4	82,8	53,8	29,0	19,33	16,77	in 45 Min. = 21,74 ccm H.
5 Fe b	3,0 „ „ 84,2% „	weitere 23	18	718	8,3	51,8	43,2	8,6	5,73	4,97	
5 Fe b	3,0 „ „ 84,2% „	die erst. 22	18	716	22,4	85,6	56,2	29,4	19,60	16,95	in 45 Min. = 22,14 ccm H.
5 Fe b	3,0 „ „ 84,2% „	weitere 23	18	716	7,9	38,8	29,8	9,0	6,00	5,19	
5 Fe b	3,0 „ „ 84,2% „	die erst. 35	17	714	31,8	100,3	66,0	34,3	22,87	19,83	in 2½ Std. = 31,96 ccm H = 0,096% S. H. für Tr.-S.
5 Fe b	3,0 „ „ 84,2% „	weitere 75	17	714	27,7	97,6	81,8	15,8	10,53	9,13	
5 Fe b	3,0 „ „ 84,2% „	weitere 40	17	714	10,6	49,2	44,0	5,2	3,47	3,00	
5 Fe b	3,0 Shag. m. 84,0% Tr.-S.	die erst. 22	17	714	18,4	73,8	54,6	19,2	12,8	10,10	in 45 Min. = 13,57 ccm H.
5 Fe b	3,0 „ „ 84,0% „	weitere 23	17	714	8,4	36,4	30,4	6,0	4,0	3,47	

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

schwach, andere, auf die es stark einwirkt. Fünf Gramm eines von Kahlbaum in Berlin bezogenen Eisenpulvers (Fe d) lieferten z. B. bei $^3/_4$ stündigem Kochen mit Wasser 27,18 bezw. 34,21 ccm Wasserstoff. Aus diesem Eisenpräparat Fe d entwickelt Wasser für sich allein bedeutend mehr Wasserstoff als 3 g Moostorf (21,74 bezw. 22,14 ccm H) aus dem Präparat Fe b. Der Wasserstoff, der durch Sphagnen oder Moostorf aus einem Eisenpulver in Freiheit gesetzt wird, gibt daher niemals die Säuremenge an, welche in diesen Substanzen enthalten sein soll. Mit jedem neuen Eisenpräparat bekommt man neue Zahlen, aus denen sich für die Sphagnen bezw. den Moostorf oft enorm hohe Säurewerte errechnen würden.

Aber die entwickelte Menge Wasserstoff hängt nicht allein von den Eigenschaften des Metalles ab, sondern auch von der Kochdauer. Je länger Wasser bezw. Sphagnen oder Moostorf auf Eisen einwirken, umsomehr Wasserstoff wird frei. Wenn daher Tacke und Süchting eine bestimmte Einwirkungszeit angeben, so ist dies eine ganz willkürliche Zeitbestimmung. Die Dauer des Kochens betrug bei ihren Versuchen ein, zwei und drei Stunden. Aus welcher Ursache wechselten sie die Kochdauer? Die Annahme liegt nicht fern, daß die Einwirkungszeit abgeändert wurde, um zu annähernd übereinstimmenden Werten zu gelangen. Natürlich kann dies auch ganz unbewußt geschehen sein. An einem Beispiel soll dies dargetan werden. Unter andern benutzten wir ein Ferrum hydrogenio reductum (Fe b), das mit siedendem Wasser ungefähr dasselbe Wasserstoffvolumen lieferte wie das von Tacke und Süchting. Drei Gramm Moostorf entwickelten aus demselben in den ersten 35 Minuten 19,83, in weiteren 40 Minuten 9,13 und in den letzten 40 Minuten 3,00 ccm Wasserstoff. Die Wasserstoffentwicklung flaute sonach ab, stand aber bei Abbruch der Reaktion, also nach $2^1/_2$ Stunden, noch nicht still. In Summa erhielten wir 31,96 ccm Wasserstoff. Dies entspricht einem Säuregehalt von 0,096 % H für 100 g wasserfreiem Moostorf. Nach der gewöhnlichen Humussäure-Bestimmungsmethode errechnete sich der Säuregehalt desselben Torfes zu 0,085 % H. Obwohl also die Wasserstoffentwicklung noch nicht beendet war, ergab sich ein um ca. 13 % höherer Säuregehalt als nach der Methode von Tacke und Süchting. Zu welchem Säuregehalt des Torfes wären wir gelangt, wenn statt des Eisens Fe b das Eisen Fe d auf den Moostorf eingewirkt hätte, das mit Wasser allein gekocht innerhalb 45 Minuten mehr Wasserstoff abgab, als das Eisenpräparat Fe b mit Moostorf während $2^1/_2$ Stunden. Einen solchen Versuch anzustellen, hielten wir für Zeitvergeudung. Auch mit Rücksicht darauf, daß von dem kostbaren Eisen Fe d nur eine geringe Menge Material zur Verfügung stand, zogen wir es vor, keinen derartigen Versuch auszuführen, sondern dasselbe aufzubewahren.

Recht auffallend erscheint es, daß Tacke und Süchting 30- bis 40mal mehr Eisen anwenden, als zu den Versuchen erforderlich ist. Es hat den Anschein, als ob sie von der Voraussetzung ausgingen, daß es gleichgültig bleibt, welche Quantitäten des Metalls auf Wasser bezw. auf den Moostorf einwirken. Wir operierten mit wechselnden Mengen Eisen und konstatierten, daß die Wasserstoffentwicklung von der Größe der Einwage abhängt. Bei Anwendung von mehr Metall wird mehr Wasserstoff frei, das entweichende Gasvolumen steht jedoch

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

in keinem proportionalen Verhältnis zur Einwage. Ein Gramm des Präparates Fe d entwickelte während 45 Minuten 2,91 ccm Wasserstoff, fünf Gramm hingegen 27,18 bezw. 34,21 ccm des Gases. Welchem Umstand[1]) diese Erscheinung zuzuschreiben ist, läßt sich schwer entscheiden. Denkbar wäre es, daß der bei erhöhter Einwage reichlicher sich bildende Wasserstoff aktivierend auf das Eisen einwirkt. Bedenkt man, daß ohne Abänderung der Versuchsbedingungen ein und dieselbe Menge Metall sehr variirende Gasvolumen liefert, so hat es den Anschein, als ob hier katalytische Wirkungen eine Rolle spielen. Wie dem nun sei, soviel steht jedoch fest, daß Moostorf aus Eisenpulver um so reichlichere Volumina Wasserstoff frei macht, je mehr Metall zugegen ist. Nun ist es Tatsache, daß eine gewisse Säuremenge aus Eisen stets das gleiche Volumen Wasserstoff abspaltet, gleichgültig ob diese oder jene Menge Metall vorhanden ist, und schon hieraus geht hervor, daß die Wasserstoffentwicklung von Moostorf aus Eisen von keinen freien Säuren veranlaßt wird.

Wie die Invertierung des Rohrzuckers durch Salze beschleunigt wird, so ändert sich auch die Zersetzbarkeit des Eisens durch Wasser, wenn gewisse chemische Stoffe zugegen sind. Die Wirkung derselben auf die Wasserstoffentwicklung kann begünstigend oder hemmend sein. Ammonsalze bedingen eine wesentlich verstärkte Angreifbarkeit des Metalls. Eine Ausnahme hiervon macht das Ammoniumkarbonat. Dies hat darin seine Ursache, daß diese Verbindung in der Hitze spontan in die Gase Ammoniak und Kohlensäure zerfällt, die überdestillieren. Äquivalente Mengen Ammonsulfat, Ammoxalat und Kaliumoxalat üben nicht gleich stark lösende Wirkungen auf Eisen aus. Die beiden ersten Salze greifen das Metall ziemlich stark an, während das letzte fast garnicht darauf einwirkt. Die Unterschiede bei den Ammonsalzen lassen sich aus dem verschiedenen Dissoziationsgrad der Salzlösungen erklären, während die träge Wasserstoffentwicklung bei dem Kaliumoxalat dadurch veranlaßt wird, daß sich bei der Einwirkung von oxalsaurem Kali auf Eisen freies Alkali bildet, wodurch das Metall an Aktivität einbüßt. Daß dabei tatsächlich Kaliumhydroxyd entsteht, hat Referent dadurch nachgewiesen, daß er nach Beendigung des Versuches dem heiß filtrierten Reaktionsgemisch Phenolphthalein zufügte, worauf eine intensive Rötung des Filtrates eintrat. Diese Beobachtung gab Anlaß zur Lösung der Frage, weshalb die Wasserstoffentwicklung aus Eisen und Moostorf zurückgeht, sobald der Reaktionsmasse gleichzeitig Calciumkarbonat beigefügt wird. Tacke und Süchling behaupten, daß die Wasserstoffentwicklung auf ein Minimum sinkt, weil das Calciumkarbonat die Säuren des Torfes neutralisiert. Unsere diesbezüglichen Untersuchungen bezeugen die Unhaltbarkeit dieser Annahme. Das wenig aktive Eisenpräparat Fe a machte auf Zusatz von kohlensaurem Kalk überhaupt keinen Wasserstoff frei, und die Wasserstoffentwicklung des stark aktiven Eisens Fe d ging bereits bei Zugabe von 0,05 g Calciumkarbonat auf ein Minimum zurück und hörte bei Zusatz der zehnfachen Kalkmenge nahezu ganz auf. Dasselbe Resultat bekamen wir, als dem

[1]) Die an das Eisen abgelagerte Oxyduloxydschicht wird beim Kochen (Stoßen) der Kochflüssigkeit infolge Reibung losgelöst und eine neue Oberfläche des Metalls dem Wasserangriff zugänglich. Man kann deshalb aus verhältnismäßig wenig reinem Eisen einen kontinuierlichen Wasserstoffstrom entwickeln, der mit der Kochdauer an Intensität abnimmt.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Reaktionsgemisch Kaliumkarbonat beigesetzt wurde. Ein mit kohlensauren Salzen verunreinigtes Wasser greift das Eisen nur wenig an, hebt aber die Aktivität stark aktiver Eisenpräparate nicht ganz auf. Der Versuch mit Kaliumkarbonat beweist, daß die Wasserstoffentwicklung vollkommen aufhört, wenn eine Spur einer freien Base zugegen ist. *Die Alkalinität der Lösung schwächt sonach die Aktivität des Eisens sehr wesentlich, diese wird aber erst durch freie Basen völlig aufgehoben.*

Die Spuren freier Basen, welche der Moostorf adsorptiv gebunden enthält, werden an kochendes Wasser nicht abgegeben, wohl aber finden sich im Torf eine Reihe anorganischer und organischer Verbindungen vor, die eine stärkere Aktivierung des Eisens veranlassen. Obwohl der Nährstoffgehalt der Sphagnen größer ist wie der des Moostorfes, so machen sie doch aus dem Eisen weniger Wasserstoff frei als dieser. Die lebenden Sphagnen führen ca. die dreifache Menge an adsorptiv gebundenen Basen wie der Moostorf und daher erscheint es möglich, daß bei fortgesetztem Kochen Spuren freien Alkalis in das Wasser übertreten und Karbonate entstehen, welche eine schwache Alkalinität der Siedeflüssigkeit hervorrufen und der Aktivität des Metalls entgegenwirken. Da die Sphagnen bezw. der Moostorf aus organischen und anorganischen Substanzen bestehen und insbesondere das anorganische Material ein Konglomerat von Nährsalzen und anderweitigen Mineralbestandteilen darstellt, die z. T. katalytische Wirkungen hervorbringen, so ist es klar, daß sie aus Eisen weit mehr Wasserstoff abspalten als Wasser für sich allein. Ob die gesamte Menge des frei werdenden Gases auf das Konto bezeichneter Einflüsse zu setzen ist, mag unentschieden bleiben. Höchst wahrscheinlich sind daran noch Faktoren beteiligt, über deren Wesen wir nicht unterrichtet sind. Es ist aber nicht unsere Aufgabe, weitere Untersuchungen auf diesem dunklen Gebiete anzustellen. Die ausgeführten Versuche sollten nur dartun, daß das aus Moostorf mit Eisen entwickelte Wasserstoffvolumen nicht als Maß für die im Torf enthaltene „freie Humussäure" dienen kann, und das gesteckte Ziel haben wir erreicht.

Wiewohl Tacke und Süchting das größte Gewicht auf ihre „elementarste" Säurereaktion legen, bestehen bei ihnen selbst Zweifel, ob die Versuche mit metallischem Eisen als sichere Belege für das Vorhandensein von Säuren im Moostorf gelten können. Da dieselben bei den Versuchen zu einem non liquet kommen, so halten sie sich auf einmal an den umgekehrten ihres bisher üblichen Weges der Beweisführung. Sie nehmen Adsorptionen im Torf als hypothetisch an und sagen: „Soll die Wasserstoffentwicklung nicht auf den Säurecharakter der Humusstoffe, sondern auf das Adsorptionsvermögen dieser Stoffe für Eisensalze anorganischer Säuren z. B. zurückgeführt werden, so müßte eine Beziehung der Größe der Wasserstoffentwicklung und der Größe der Adsorption aus verdünnten Lösungen vorhanden sein." Ihre Versuche führten zum Ergebnis, daß eine Korrelation zwischen der Wasserstoffentwicklung und den aus kalten und erhitzten Eisenlösungen adsorbierten Mengen Eisen nicht besteht. Wie man aber eine solche verlangen kann, ist uns ganz unverständlich. Tacke und Süchting vergleichen Zahlen miteinander, die keine konstanten, sondern zufällig erhaltene Werte darstellen. Ein Vergleich von variablen Versuchsergebnissen verbietet sich von selbst. Wir wollen noch anfügen, wie sich die Gegner mit den eigenen Versuchsresultaten

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

in Widerspruch setzen, indem sie auf Seite 751 ihrer Arbeit folgenden Schlußsatz aufstellen: „Vergegenwärtigen wir uns demnach die Resultate aller Versuche, so ergibt sich zwar nicht mit durchaus zwingender Notwendigkeit, aber mit einem sehr hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, daß die Bildung von Wasserstoff aus Moostorf und Eisen hauptsächlich die chemische Reaktion von im Moostorf vorhandenen Humussäuren ist." Über ihren „elementarsten" Säurebeweis drücken sich Tacke und Süchting also recht zweifelhaft aus, denn sie sprechen nur von einem hohen Wahrscheinlichkeitsgrade und sagen, die Wasserstoffentwicklung sei hauptsächlich auf die Säuren des Torfes zurückzuführen. Obgleich bei ihnen Zweifel darüber bestehen, ob Adsorptions- oder Säurewirkungen vorliegen, und obgleich sie bei Annahme letzterer die entwickelte Wasserstoffmenge nur der Hauptsache nach dem Säuregehalt des Torfes zuschreiben, so verlangen sie dennoch eine Korrelation mit dem Wasserstoffvolumen und dem absorbierten Eisen. Wahrlich, würdiger hätten sie ihre Untersuchungen nicht abschließen können!

Rückblick.

Mit der Arbeit „Über Humussäuren" wollten Tacke und Süchting unsere Annahme von der Nichtexistenz der Humussäuren widerlegen und Beweise für das Vorhandensein von freien Säuren im Moostorf erbringen. Sie glauben dies dadurch tun zu können, daß sie eine Reihe unserer Analysen als unzuverlässig hinstellen, weswegen unsere Versuchsergebnisse mit den ihrigen divergieren, ferner dadurch daß sie zwei Reaktionen anwenden, die für Säure typisch sein sollen; mit deren Hilfe sei die Gegenwart von Säuren zu erweisen.

Was die Zuverlässigkeit unserer Versuche anbetrifft, so haben die Nachuntersuchungen doch wieder zu den früheren Ergebnissen geführt. Wenn Tacke und Süchting bei den Untersuchungen betreffs des Verhaltens des Moostorfes gegen Tricalciumphosphat in mehreren Fällen zu Zahlenwerten gelangten, die von den unserigen abweichen, so war dies die Folge der ungleichen Eigenschaften der verwendeten Triphosphate. Auch wenn sich unsere diesbezüglichen Befunde als unrichtig erwiesen hätten, so wäre dadurch an der Sachlage nichts geändert worden, denn die Resultate der Gegner sind weitere Belege dafür, daß es unmöglich ist, die Menge der durch Moostorf gelösten Phosphorsäure als Maß für die darin enthaltene „freie Humussäure" zu benützen.

Hinsichtlich des Verhaltens des Moostorfes gegen verschiedene Salze mußten die Gegner zu anderen Absorptionszahlen gelangen, weil ein anderes Versuchsmaterial vorlag, und weil ihre Versuchsbedingungen von den unserigen total abwichen. Wir selbst wiesen darauf hin, daß Sphagnen und Moostorf aus erwärmten Salzlösungen mehr Basis absorbieren als aus kalten. Dies hätte ein nicht mißzuverstehender Fingerzeig sein sollen, ihre „Nachprüfungen" unseren Versuchsbedingungen genau anzupassen. Kann denn dem Moostorf zugemutet werden, daß er z. B. in kalten Acetatlösungen dieselben Absorptionen bewirken soll wie aus Salzlösungen, die zwei Stunden kochten oder durch welche drei Stunden der Dampfstrom geleitet wurde. Mit demselben Recht müßte z. B. ein alter Bordeauxwein, der drei Stunden destillierte, ebenso vorzüglich munden wie ein solcher, der von dieser Prozedur verschont blieb. Alle Kolloide üben Absorptions-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

wirkungen aus, diese sind aber meistens so geringfügig, daß sie nur bei stark dissoziierten Salzlösungen nachweisbar sind. Die Absorptionskraft der Kolloide steht in innigem Zusammenhang mit ihrem strukturellen Bau. Nur solche (Sphagnen, Moostorf) mit stark entwickelten Oberflächengrößen (Kapillarfällungen[1]) usw. vermögen augenfällige Absorptionen zu bewirken.

Das von Tacke und Süchting benutzte Calciumoxalat hat freie Oxalsäure oder lösliche oxalsaure Salze enthalten. Dies geht zweifellos aus der Löslichkeit ihres oxalsauren Kalkes hervor. Sie bestimmten dieselbe zu 14,6 mg CaC_2O_4 pro Liter, während ein reines Präparat höchstens die Hälfte dieser Menge an ein Liter Wasser abgibt. Mit dem Calciumoxalat fügten die Gegner dem Moostorf zugleich lösliche oxalsaure Salze zu, aus denen selbstredend Oxalsäure abgespalten wird. Diese frei gewordene Oxalsäure hielten sie für an Kalk gebunden. Unsere Nachuntersuchungen bestätigten die früher mitgeteilte Angabe, daß Sphagnen bezw. Moostorf den unlöslichen oxalsauren Kalk nicht angreifen.

Die von uns angeführten Absorptionswerte für dreiwertige Basen (Aluminium und Eisen) hielten Tacke und Süchting für konstante Größen. Als solche können sie keinesfalls gelten, denn je nach der Zusammensetzung des Untersuchungsmaterials ändert sich die Absorptionskraft desselben für basische Stoffe. Tacke und Süchting arbeiteten nicht mit demselben Moostorf wie wir, daher mußten ihre Versuche zu neuen Absorptionszahlen führen. Annähernde Absorptionswerte aus Salzlösungen können sich nur da ergeben, wo keine Nebenreaktionen stattfinden. Dies trifft zu bei den Versuchen mit Aluminiumchlorid, nicht aber bei den Absorptionen von Eisen aus Eisenlösungen. Durch den Moostorf werden Eisenlösungen stark reduziert. Infolge der Absorptions- und Reduktionswirkungen des Torfes ändert sich während der Versuchsdauer ständig der Charakter der Eisenlösungen. In denselben finden sich sowohl zwei- wie dreiwertiges Eisen vor, deren Gemischverhältnis fortwährend variiert. Wieviel zweiwertiges und wieviel dreiwertiges Eisen in das Torfkolloid übergeht, bleibt unentschieden. Des ferneren üben die geringsten Abweichungen von den Versuchsbedingungen auf die Absorption und Reduktion des Moostorfes einen großen Einfluß aus, so daß nicht einmal bei einheitlichem Material immer übereinstimmende Absorptionszahlen gefunden werden und für anders gearbeitetes Material erst recht nicht zu erwarten sind. Schon die hier zutage tretende merkwürdige Erscheinung, daß Sphagnen bezw. Moostorf aus Eisenlösungen bestimmter Konzentration keine Absorptionen bewirken, beweist, daß die Aufnahme der Basen durch Sphagnen bezw. Moortorf durch die Wirksamkeit negativ geladener Kolloide erfolgt.

Tacke und Süchting vertreten die Anschauung, daß die Loslösung der absorbierten Basen aus Sphagnen bezw. Moostorf mittels Wasser auf den Kohlensäuregehalt des Wassers und auf die Zerlegung der humussauren Salze durch allzugroße Wasserquantitäten zurückzuführen sei. Diese ist nicht stichhaltig, denn die von den Sphagnen und dem Moostorf aus konzentrierten Salzlösungen

[1]) Fr. Fichter und Naima Sahlbom. Die Kapillaranalyse kolloidaler Lösungen. Verh. d. Naturforschenden Gesellsch. in Basel, Bd. XX und Kolloidchem. Beihefte der Kolloid. Zeitschr. 1910/11, Bd. 2, H. 3—4, S. 79—141.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

aufgenommenen Basen werden reichlich an kohlensäurefreies Wasser wie auch an ganz geringe Wassermengen abgegeben.

Die Versuche der Gegner über die elektrische Leitfähigkeit von Moostorf decken sich mit den unserigen. Um sich trotzdem in Gegensatz zu stellen, behaupten sie, daß durch die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit nicht über die Säurenatur einer Substanz entschieden werden kann.

Das Abscheiden von freiem Jod aus Jodsalzen durch Sphagnen bezw. Moostorf wird nach uns dadurch veranlaßt, daß die besagten Substanzen dem Jodkali oder dem jodsauren Kalium die Basis entziehen und in der Lösung die freie Säure der Jodsalze zurücklassen. Dies erkennen die Gegner nicht an, weil z. B. bei der Stärke als Kolloid diese Reaktion versagt. Wir haben nachgewiesen, daß Stärke selbst stark dissoziierten Salzlösungen nur geringe Mengen Basen entzieht. Die Absorptionswirkungen, welche sie auf die viel schwächer dissoziierten Jodsalzlösungen ausübt, reichen nicht aus, um eine Jodabscheidung zu bewirken. Überhaupt vermögen nur solche Kolloide diese Reaktion auszulösen, die eine verhältnismäßig große Absorptionskraft aufweisen. Sättigt man das Absorptionsvermögen der Sphagnen ab, so machen auch sie aus jodsauren Salzen kein Jod mehr frei, und daher stellt sich in mit Stärkelösung versetzten Jodsalzlösungen keine Blaufärbung ein. Das Sphagnum teres von Tacke und Süchting ist beim Absterben nicht sauer geworden, sondern es haben die lebenden Sphagnenteile die Nährstoffe der abgestorbenen aufgenommen bezw. gaben letztere dieselben an das Wasser ab, wodurch sie einen Teil der Absorptionskraft wiedergewannen.

Bei den Versuchen über die „Reversibilität der Adsorption" mußten die Gegner zu einem negativen Resultat kommen, weil zur Erkennung kleiner Absorptionen die Säurebestimmungsmethode von Tacke und Süchting nicht genau genug ist und weil kein geeignetes Untersuchungsmaterial gewählt wurde. Eine Depression des Aschengehaltes der Pflanzen kann sehr wohl eintreten, ohne daß dabei die Basenabsorptionsgröße ansteigt. Bekanntlich geben lebende Gewächse selbst an geringe Wassermengen einen erheblichen Teil der Mineralbestandteile ab. Dies sind aber für gewöhnlich nicht die adsorptiv festgehaltenen freien Basen der Pflanzen, sondern anderweitige anorganische und organische Verbindungen. Nun wird das Basenabsorptionsvermögen der Gewächse nur durch den Gehalt an freien Basen bedingt, und daher gehen meistens reichliche Aschenbestandteile in das Waschwasser über, ohne daß sich der Basenabsorptionswert ändert. Um die adsorptiv gebundenen Basen aus den Pflanzen zu entfernen, läßt man längere Zeit $^1/_{100}$ normal Salzsäure auf dieselben einwirken. Hierdurch werden die freien Basen abneutralisiert, gehen als Chloride in Lösung und können nahezu quantitativ weggewaschen werden. Pflanzen, die mit $^1/_{100}$ normal Säure ausgezogen werden, entziehen nach der Extraktion Acetatlösungen bedeutend mehr Basen als vor der Extraktion und daraus geht klar hervor, daß die Pflanzen je nach der Absättigung mit Basen verschiedene Absorptionen ausüben. Bei manchen Sphagnen läßt sich deren Absorptionskraft schon durch bloßes Ausziehen mit Wasser verstärken. Zu solchen Versuchen darf man aber nicht wie Tacke und Süchting aschenarme Hochmoorsphagnen wählen, sondern nährstoffreiche Torfmoose vom Übergangsmoor oder Wiesenmoor.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Was die Invertierung der Saccharose durch Moostorf anbelangt, so ist diese Reaktion, welche für Säuren „typisch" sein soll, ganz und gar nicht dazu angetan zu beweisen, daß die Invertierung von den Säuren des Moostorfes veranlaßt wird. Schon Smiths Beobachtung, daß eine 10 %ige Zuckerlösung nach 6stündigem Erwärmen im Dampf stark und nach 15stündigem Erhitzen zu 75 % invertiert ist, beweist die Haltlosigkeit der Annahme, daß bei der Invertierung der Saccharose durch Moostorf Säuren im Spiele sein müssen. Im Moortorf stets zugegene Verbindungen wie Phosphate, Karbonate, freie Alkalien wirken beschleunigend auf die Invertierung des Rohrzuckers ein, und die durch das anhaltende Kochen entstehenden Säuren bezw. eventuelle Oxydationsstoffe veranlassen eine rasche und vollständige Zersetzung der Zuckerlösung.

Nicht besser ist es mit der „elementarsten" Säurereaktion der Gegner bestellt. Manche Metalle werden bereits durch kaltes Wasser zerlegt, die meisten Metalle greift das Wasser aber erst in der Siedehitze in bald erkennbarer Weise an. Ob ein Metall mit kochendem Wasser mehr oder weniger Wasserstoff entwickelt, hängt von seinen Eigenschaften und von der Reinheit der Kochflüssigkeit ab. Es gibt Eisenpräparate, die sich erhitztem Wasser gegenüber ziemlich passiv verhalten, andere dagegen werden unter reichlicher Wasserstoffabgabe stark angegriffen. Das sich bildende Wasserstoffvolumen ist abhängig von der Kochdauer und der Größe der Einwage. Bei stärkeren Einwagen entwickelt sich relativ erheblich mehr Wasserstoff als bei geringeren. Dem Kochwasser zugesetzte chemische Stoffe wirken teils hemmend, teils beschleunigend auf die Wasserstoffentbindung ein. Substanzen, die alkalisch reagieren, wie Calcium- oder Kaliumkarbonat, schwächen die Aktivität des Eisens beträchtlich und freie Basen heben dieselbe ganz auf. Das aus Moostorf mit Eisen entwickelte Volumen Wasserstoff stellt eine variable Größe dar, der gefundene Wasserstoff kann daher auch nicht als Gradmesser für den Gehalt des Torfes an „freien Humussäuren" benützt werden.

Die Hoffnungen von Tacke und Süchting, unsere gut begründete Behauptung: „es gibt keine Humussäuren", durch ihre „Nachprüfungen" zu entkräften, haben sich als trügerisch erwiesen. Für sie lag kein berechtigter Grund vor, die Richtigkeit unserer Versuchsresultate zu bezweifeln, denn wir sind doch nicht dafür verantwortlich, daß sie mit andersgeartetem oder ungeeignetem Versuchsmaterial bezw. mit unreinen Reagentien arbeiteten. Ihre Versuchsbedingungen waren so gehalten, daß sie notwendigerweise zu abweichenden Ergebnissen führen mußten bezw. keinen richtigen Vergleich mit unseren Resultaten gestatteten. Unsere Nachuntersuchungen bestätigten die früheren Ergebnisse, und wir vermochten sogar neue Belege dafür zu erbringen, daß im Moostorf bezw. in den Sphagnen keine nennenswerten Mengen freier Säuren sein können. Selbst die Befunde der Gegner lassen sich mit dieser Annahme in Einklang bringen, und der unregelmäßige Verlauf der beiden sogenannten typischen Säurereaktionen zeigt, daß z. B. die Wasserstoffentwicklung aus Moostorf und Eisen niemals auf den Gehalt des Torfes an freien Säuren zurückzuführen sein kann. Mit der Abhandlung „Über Humussäuren" verfolgten Tacke und Süchting den Zweck, unsere Ansicht von der Nichtexistenz der Humussäuren zu widerlegen, erreichten aber damit das Entgegengesetzte. Ungewollt schaffen sie weitere Belege dafür herbei, daß aus dem Verhalten von

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Sphagnen und Moostorf gegen Salze usw. zu erkennen ist, daß Absorptionswirkungen von Kolloiden vorliegen. Ihre Arbeit trägt zur Befestigung und Verbreitung unserer neuen Lehre über die Humusstoffe des Torfes bei, und aus diesem Grunde beschäftigten wir uns damit eingehender, als sie es nach ihrem wissenschaftlichen Charakter verdient.

Anhang.

Über die chemische Natur der Humussäuren hat sich in den Internationalen Mitteilungen für Bodenkunde[1]) auch Arthur Rindell in Helsingfors ausgesprochen. Der Verfasser des Artikels vermag nicht ohne weiteres anzuerkennen, daß die scheinbaren Säurewirkungen der Sphagnen bezw. des Moostorfes durch Absorptionswirkungen vorhandener Kolloidsubstanzen vorgetäuscht werden. Rindell bemängelt verschiedene Punkte unserer Arbeit wie z. B. die Versuche mit Tricalciumphosphat und über das elektrische Leitvermögen usw. Der bedenklichste Teil unserer Schlußfolgerung liegt für ihn darin, daß wir den Satz aufstellten: „Dann ist aber das, was man Sphagnumsäure und Humussäure genannt hat, nichts anderes als die Haut der hyalinen Sphagnumzellen". Er kann sich nicht erklären, warum es Moorböden gibt, welche keine Spuren von Sphagnum führen, aber dennoch Humussäuren resp. Humate enthalten. Auch sei das Vorkommen der Humussäuren keineswegs auf die Moorböden beschränkt, denn ganz ähnliche kolloidale Körper wurden aus Mineralböden hergestellt, welche niemals eine Sphagnumpflanze getragen haben. Mit der Aufstellung obigen Satzes wollten wir nicht aussagen, daß bloß die Sphagnen Kolloidwirkungen ausüben, sondern damit andeuten, daß die Haut der hyalinen Sphagnumzellen wahrscheinlich die Kolloidsubstanz sein dürfte, von der die Absorptionen ausgehen. Auch wir sind der Meinung, daß sich aus Mineralböden humussäureähnliche Substanzen gewinnen lassen, ohne daß dieselben jemals mit Sphagnen bewachsen waren. Dies wird indessen nur dann der Fall sein, wenn die fraglichen Mineralböden organische Pflanzenreste führen, die als Träger der „sogenannten" Humussäuren anzusehen sind. Die als Humussäuren bezeichneten Körper finden sich bereits in den lebenden Pflanzen vorgebildet, sind denselben beim Behandeln mit freien Basen zu entziehen, lassen sich aber auch künstlich aus mehreren organischen Stoffgruppen darstellen. Beim Absterben werden die Pflanzen scheinbar sauerer, weil die Oxydations- und Verwesungsprozesse das Pflanzengerippe zerstören, die einzelnen Zellpartien bloßlegen, d. h. durchdringbarer gestalten und vielleicht weitere Kolloidsubstanzen aufbauen, weshalb abgestorbene, in Verwesung übergegangene Pflanzenteile oft stärkere Absorptionswirkungen auslösen als lebende. Infolge des anatomischen Baues der Sphagnen vollziehen bereits die lebenden Sphagnen kräftige Absorptionen und verändert der Vertorfungsprozeß dieselben in kaum merklichem Grade. Daß nicht den Sphagnen allein eine Absorptionskraft zukommt, wurde unsererseits dargetan und verweisen wir auf die an anderer Stelle gemachten Erörterungen. Im großen und ganzen scheint Rindell doch unserer Meinung zu sein, denn er gibt zu, daß Absorptionswirkungen beim Moostorf vorliegen, hält aber die Lehren der Kolloidchemie für

[1]) Band 1, Heft 1, 1911, S. 67—80.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

noch nicht so ausgebaut, daß es angezeigt wäre, dieselben so weitgehend zu verwenden, wie es unsererseits geschah.

Mit seiner Kritik wollte Rindell in erster Linie eine öffentliche Diskussion über unsere Untersuchungen und die daran geknüpften Schlußfolgerungen eröffnen. Seine Bedenken gegen unsere Versuche und Anschauungen sind vorwiegend kritisierender Natur. Sie fallen meistens mit den von Tacke und Süchting erhobenen Einwänden zusammen und können mit diesen als widerlegt gelten.

Von Sven Odén in Upsala erschien vor kurzer Zeit eine Abhandlung, die sich ebenfalls mit der Natur der Humussäuren befaßt. Odéns Arbeit trägt einen streng wissenschaftlichen Charakter, auch ist die Form der darin geübten Kritik eine angemessene. Wenn wir trotzdem die Beweiskraft seiner Versuche nicht anerkennen, so beruht dies z. T. auf der angewandten Methode zur Gewinnung der von ihm untersuchten humosen Stoffe. Bei der Darstellung der Humussäuren hielt sich nämlich Odén an das alte übliche Verfahren. Er rührte den vertorften Sphagnenbrei mit 4fach normaler Ammoniaklösung aus und ließ die Mischung über Nacht an einem warmen Platze bei etwa 80° stehen. Durch Zentrifugieren trennt er den unlöslichen Rest von der ammoniakalischen Flüssigkeit, versetzt diese mit Kochsalz bis auf 2fach normale Konzentration, läßt die kolloidalen Substanzen ausflocken und hebt die überstehende Lösung vorsichtig ab. Diese Lösung wird nun auf dem Wasserbade eingeengt bis sich festes Kochsalz abzuscheiden beginnt und die noch heiße Flüssigkeit im Vakuum filtriert. Nach Beendigung der Filtration läßt man die Lösung erkalten, versetzt sie bis zu deutlich saurer Reaktion mit Salzsäure, läßt sie einige Stunden stehen und scheidet die schleimige dunkelschwarzbraune Flüssigkeit, welche die freien Humussäuren nebst harzigen Substanzen enthält, durch Zentrifugieren von der gelben Flüssigkeit ab. Die Fällung wird dann mehrmals mit siedendem Alkohol ausgewaschen, wodurch die harzigen Stoffe entfernt werden.

Baumann hat sich bereits im geschichtlichen Teil unserer Arbeiten über die Humussäuren darüber ausgesprochen, daß die künstlich dargestellten Humussäuren ein Laboratoriumserzeugnis sind. Dies hat erst recht auf die nach der Odénschen Methode gewonnenen Bezug, denn Odén benutzte nicht nur relativ konzentrierte Alkalilösungen, sondern operierte auch noch bei erhöhter Temperatur. Die sogenannten Humussäuren der Sphagnen und des Moostorfes lassen sich rasch und vollständig mit sehr verdünnten Alkalien abneutralisieren und daher bleibt es rätselhaft, warum zu deren Darstellung ein großer Alkaliüberschuß und ein Arbeiten mit heißen Lösungen erforderlich sein soll. Dies wird wohl aus dem Grunde verlangt, weil bei Verwendung von kalter und verdünnter Extraktionsflüssigkeit zu wenig Humussäuren entstehen und deren Bildung erst durch die zersetzende Kraft der heißen, konzentrierten Lauge bewerkstelligt werden muß.

Die Acidität des wasserfreien Sphagnumtorfes wird in der Regel zu 0,100 % Wasserstoff angenommen. Odén bezeichnet die Humussäure als eine dreibasische Säure vom Molekulargewicht 1017. Demgemäß müßte die Torfsubstanz durchschnittlich ca. 34 % freie Humussäuren enthalten, aber trotz dieses abnorm hohen Säuregehaltes erleidet das Material, das zur Gewinnung der Humussäuren dient,

[1]) Arkiv för Kemi, Mineralogie och Geologie, Bd. 4, Nr. 26 und Ber. d. Deutschen Chem. Gesellsch. Berlin, 1912, Nr. 4, S. 651 bis 660.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

nur unbedeutenden Gewichtsverlust. Um Wiederholungen zu vermeiden, wollen wir von weiteren diesbezüglichen Erörterungen absehen.

Odéns Arbeit steht in erheblichem Gegensatz zur unserigen. Er suchte damit zu beweisen, daß die Alkalien dem Humus säureartige Substanzen entziehen, während unsere Untersuchungen dartun sollen, daß die sauren Eigenschaften, die man dem Moostorf beilegt, nicht auf seinen Gehalt an Säuren, sondern auf seine Kolloidnatur zurückzuführen sind. Von jeher waren wir uns bewußt, daß sich aus dem Torf säureähnliche Substanzen extrahieren lassen und haben anfangs selbst nach den Humussäuren gefahndet. Im Laufe der damaligen Untersuchungen kamen wir zur Einsicht, daß es nicht diese Stoffe sind, die dem Moostorf bezw. den Sphagnen den Charakter stark saurer Substanzen verleihen. Überdies ist es fraglich, ob die durch Laugen extrahierbaren Verbindungen in dem Moostorf zugegen sind, oder ob nicht diese erst bei der Einwirkung der relativ konzentrierten freien Alkalien entstehen. Zugegeben, die sogenannten Humussäuren seien in dem unbehandelten Moostorfe vorgebildet, so bleibt doch nach wie vor unsere Behauptung unwiderlegt, daß die Absorptionen des Torfes bezw. der Sphagnen *nicht* von ihrem Säuregehalt ausgelöst werden, denn das mit Alkalien ausgezogene Material übt in unveränderter Stärke dieselben Absorptionen aus wie das nicht ausgezogene, was besagt, daß die vermeintlichen Humussäuren vor der Alkaliextraktion keine Absorptionswirkungen veranlassen und demgemäß nicht die Humussäuren der Extraktionsflüssigkeit sein können.

In gewisser Beziehung sind die Odénschen Untersuchungen über die Humussäuren recht interessant. Für uns sind sie insoferne von Belang, als daraus hervorgeht, daß die Alkalien mit den sogenannten Humussäuren *lösliche Verbindungen* nichtkolloider Natur eingehen, daß erst *nach 15 bis 20maliger Behandlung* die ammoniaklöslichen Humussäuren *nahezu* vollständig entfernt werden und daß die Humussäuren als *praktisch unlöslich* anzusehen sind. Sehr instruktiv wäre es gewesen, wenn Odén den Prozentsatz der vermoderten Sphagnentrockensubstanz an Humussäuren angegeben und mitgeteilt hätte, ob das teilweise von Humussäuren befreite Ausgangsmaterial von seiner Acidität einbüßte. Über diese wichtigen Fragen bringt Odén leider keine Angaben, wir werden aber nicht verfehlen, dieselben im Auge zu behalten.

Nach Fertigstellung vorliegender Arbeit veröffentlichte A. Wieler[1]) eine hübsche Abhandlung: „Die Acidität der Zellmembranen". Unsere Befunde, daß die sauer reagierenden Stoffe des Moostorfes nicht erst im Boden durch Zersetzung entstehen, sondern bereits mit den absterbenden Pflanzen in ihn hineingelangen, suchte Wieler zu verallgemeinern. Er vermutete, daß dann alle Pflanzensubstanz, wenigstens soweit sie aus Zellhäuten besteht, als humussauer anzusprechen wäre und der saure Charakter irgend eines Bodens würde durch den sauren Charakter der Streu, welche durch Blattfall usw. in ihn hineingelangt, bedingt sein. Er geht noch einen Schritt weiter und glaubt, daß man auch für die alkalischen und neutralen Böden die Behauptung aufstellen dürfe, daß die Pflanzensubstanz, die als Wurzeln, Stoppeln oder Gründüngung dem Boden zugeführt wird, gleichfalls sauer reagiert, und daß

[1]) A. Wieler, Bericht der Deutschen Botan. Gesellsch. 1912, Bd. 30, S. 394—406.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

es nur der sonstigen Beschaffenheit des Bodens zu verdanken ist, wenn ihr saurer Charakter verschwindet. Da aber die Möglichkeit nicht ganz von der Hand zu weisen war, daß es sich um eine spezifische Eigentümlichkeit des Torfmooses handelte, die ohne weiteres nicht bei den höheren Pflanzen vorausgesetzt werden könnte, erachtete er es für notwendig, die Frage für diese durch besondere Untersuchungen zu entscheiden. Wieler untersuchte seinerzeit Nadeln, die sich infolge der Raucheinwirkung in den der Klausthaler Silberhütte benachbarten Waldungen anhäuften und unzersetzt liegen blieben, auf ihren Gehalt an freien Humussäuren nach der Methode von Tacke. In zwei Bestimmungen lieferten 10 g Substanz 27,7 und 34,5 mg Kohlensäure. Zur Erklärung dieser Erscheinung nahm er damals an, daß, wenn auch im großen und ganzen die Nadeln unzersetzt geblieben waren, doch eine teilweise Zersetzung eintrat, die zur Bildung freier Humussäuren führte. Unter dem neuen Baumann-Gullyschen Gesichtspunkt über das wahre Wesen der Humussäuren erscheint ihm diese Beobachtung nunmehr in einem anderen Lichte.

Wieler prüfte verschiedenartige Pflanzenteile höherer Pflanzen auf ihr Verhalten gegen Salzlösungen, um zu ermitteln, ob sie sich ebenso wie die Torfmoose verhalten. Er bediente sich dazu der von uns vorgeschlagenen Jod- und Calciumacetatmethoden. Alle nach der Jodmethode geprüften toten oder lebendigen Pflanzenteile, so verschiedenartig sie auch waren, fand er sauer oder gar sehr sauer. Daß diese Reaktion etwa von der Gegenwart von organischen Säuren herrührte, war unwahrscheinlich. Insbesondere ließ sich der stark saure Charakter der nach dem Schulzschen Macerationsverfahren hergestellten Cellulose nicht aus der Anwesenheit von organischen Säuren erklären; hier konnte es sich nur um Zellmembranen handeln. Nach dem Auskochen mit Wasser erwies sich das Untersuchungsmaterial zum Teil weniger sauer als vor der Extraktion mit Wasser. Meistenteils reagierte der Auszug humussauer. Die saure Reaktion wies Wieler mit der Baumann-Gullyschen Jodprobe oder mit Lackmus nach. Da dies aber keine sicheren Reagentien zum Nachweis von wirklichen Säuren sind, wurde im Extrakt festgestellt, ob ihm elektrische Leitfähigkeit zukam, was nicht der Fall war. Er zeigte demnach, daß es sich bei den sauren Extraktstoffen nicht um Säuren, sondern um kolloidale Substanzen handelte. Die kolloidalen Körper, an welche die saure Reaktion gebunden ist, sind also zum Teil wasserlöslich.

Nun bestimmte Wieler die Absorptionsgröße verschiedenen Pflanzenmaterials für Kalk aus 10%igen Calciumacetatlösungen. Nach ihm absorbierten 100 g Substanz 0,448 bis 1,922 g CaO. Da die Ergebnisse seiner qualitativen und quantitativen Untersuchungen übereinstimmen, so hält er dieselben für ausreichend, um die Ansicht zu begründen, daß die saure Reaktion eine Eigenschaft der Pflanzensubstanz überhaupt ist. Wielers Versuche lassen erkennen, daß Wurzeln, Stengel und Blätter verschiedener Pflanzen und das sekundäre Holz der Heide absorptiv ungesättigt sind, und das gleiche gilt von den isolierten Geweben, wie Baumwolle und Flachsfasern und den isolierten Zellen des Nadelholzes. Namentlich das Verhalten dieser letzteren und der isolierten Gewebe spricht dafür, daß die saure Reaktion an die Zellwände gebunden ist, wie es nach unseren Untersuchungen für die Torfmoose zutrifft und was Referent in vorliegender Abhandlung auch für andere Pflanzen nachgewiesen hat.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Wieler hat einen Fall näher untersucht, der zeigt, daß der saure Charakter des Waldbodens aus dem der Streu kommt, ebenso wie der saure Charakter des Moostorfes aus dem der Torfmoose herrührt. Aus den Befunden schließt er, daß bei der Zersetzung der organischen Massen immer absorptiv ungesättigtere Substanzen übrig zu bleiben scheinen. Er spricht sich dahin aus, daß der saure Charakter der Streu usw. für das Pflanzenwachstum an sich unschädlich ist, daß er hingegen für die Aufschließung des Bodens von der größten Bedeutung sei. Er weist auf die geringe Entwicklung der Mikroflora in sauren Böden hin und vermutet, daß die schwache Bakterienentwicklung in den sauren Böden nicht einer spezifischen Wirkung des Moorbodens beizumessen ist, sondern daß es sich vermutlich ausschließlich um eine Folge des Kalkmangels handeln dürfte.

Wielers interessante Abhandlung: „Die Acidität der Zellmembranen" bringt weitere Belege dafür, daß die sauren Eigenschaften gewisser Böden nicht von dem Gehalt an freien Säuren abhängen, sondern von dem an Kolloidstoffen. Für eine größere Zahl von Pflanzen wird darin nachgewiesen, daß die Absorptionen, welche sie ausüben, auf die Acidität der Zellmembranen zurückzuführen ist. Der Verfasser vertritt die Anschauung, daß alle Pflanzenteile, soweit sie aus Zellhäuten bestehen, humussauer sind, daß der saure Charakter eine Eigentümlichkeit der Pflanzensubstanz überhaupt sei und daß die saure Reaktion an die Zellwände gebunden ist. Diese Ansichten haben wir in unseren früheren Arbeiten zum Teil selbst ausgesprochen und hinsichtlich der Verallgemeinerung derselben sind wir derselben Anschauung wie Wieler.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Inhaltsverzeichnis.

		Seite
	Einleitung	85
1.	Verhalten des Moostorfes und der Hochmoorsphagnen gegen Tricalciumphosphat	87
2.	Verhalten des Moostorfes und der Sphagnen gegen verschiedene Salze	97
3.	Verhalten des Moostorfes und der Sphagnen gegen Calciumoxalat	103
4.	Verhalten von Aluminiumchlorid, Eisenchlorid und kolloidalem Eisenhydroxyd gegen Sphagnen und Moostorf	105
5.	Die Loslösung absorbierter Basen aus Sphagnen und Moostorf mittels Wasser	107
6.	Die elektrische Leitfähigkeit von Sphagnen und Moostorf	109
7.	Die Jodreaktion als Nachweis des Vorhandenseins von freien Säuren in Sphagnen	109
8.	Die Invertierung der Saccharose durch Moostorf als „Beweisreaktion" für die Existenz von Humussäuren	114
9.	Die Wasserstoffentwicklung aus Eisen als „elementarste" Säurereaktion	118
	Rückblick	126
	Anhang	130

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Die Schildläuse (Coccidae) Europas, Nordafrikas und Vorderasiens, einschließlich der Azoren, der Kanaren und Madeiras. Mit Anleitung zum Sammeln, Bestimmen und Aufbewahren. Von Dr. Leonhard Lindinger, Hamburg. Mit 17 Abbildungen. Preis geb. *M* 9.—.

Da die Schildläuse als Pflanzenschädlinge eine große Bedeutung haben, hat dieses Buch einen hohen praktischen Wert und wird von allen mit Freuden begrüßt werden, die sich mit Pflanzenschutz zu beschäftigen haben; ebenso erleichtert es aber auch dem Landwirt, Gärtner und Forstwirt, wie auch dem Botaniker das Erkennen der weit verbreiteten Schildläuse. Dem ersten Teile sind sehr instruktive und trefflich reproduzierte Abbildungen beigegeben und das ganze Buch ist nach jeder Richtung gut ausgestattet.

Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung mit besonderer Berücksichtigung der Entwicklung (Nachreife, Keimdauer ꝛc.) und anderer biologischer Eigentümlichkeiten der Samen aus den verschiedenen Pflanzenfamilien. Ein Leitfaden für Biologen, Samenhändler, Samenkontrollstationen u. Gärtner. Von Dr. Wilhelm Kinzel, Assessor der Kgl. Bayer. Agrikulturbot. Anstalt. Mit 4 Abbild., einer lithographischen Tafel und 19 Tabellen. Preis geb. *M* 7.—.

Grundriß der Forstwissenschaft für Landwirte, Forstleute und Waldbesitzer. Von Dr. V. Schüpfer, Professor der Forstwissenschaft an der Universität München. Mit 53 Abbild. Preis in Leinwand geb. *M* 6.—.

Die Wirtschaftslehre des Landbaues. Ein Lehrbuch für Landwirte, Studierende, Landwirtschaftslehrer und Verwaltungsbeamte. Von Dr. F. Waterstradt, Professor und Direktor des Instituts für Wirtschaftslehre des Landbaues an der Universität Breslau. Preis in Leinwand gebunden *M* 9.—.

Das Staatsgut der Kgl. Bayer. Akademie Weihenstephan bei Freising. Geologisch-bodenkundlich bearbeitet von dem Kgl. Geologen Dr. Werner Koehne unter Mitwirkung des Kgl. Akademieassistenten Karl Gagel. Mit 4 Karten. Herausgegeben von der Geologischen Landesuntersuchung (Geognostische Abteilung des Kgl. Oberbergamtes.) Preis *M* 4.—.

Die Gliederung des Gersten- und Haferhalmes und deren Beziehungen zu den Fruchtständen. Ein Beitrag zu den wissenschaftlichen Grundlagen der Pflanzenzüchtung. Mit 18 Abbildungen. Von Geh. Hofrat Professor Dr. C. Kraus in München. (Landwirtschaftliches Laboratorium und Versuchsfeld der Kgl. techn. Hochschule in München und Kgl. Saatzuchtanstalt in Weihenstephan.) Preis broschiert *M* 5.50.

Theorie und Praxis der Pflanzenzüchtung. Ein Leitfaden für praktische Landwirte und Studierende. Von Dr. H. Lang, Vorstand der Großh. bad. Saatzuchtanstalt Hochburg. Mit 47 Abbildungen. Preis geb. *M* 4.50.

Nutzviehschwache Wirtschaft von Ulrich Hege in Häusern bei München. Kritische Studie eines intensiven landwirtschaftlichen Betriebes. Von Dr. Fr. Wagner, Professor für Landwirtsch. an der Kgl. Bayer. Akademie Weihenstephan. Mit einer geologischen Spezialkarte, einer Bohrkarte und einem Gutsplan, sowie 3 Tafeln. Preis geb. *M* 5.—.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft.

Zugleich Organ für naturwissenschaftliche Arbeiten aus der botanischen, zoologischen, chemisch-bodenkundlichen und meteorologischen Abteilung der Kgl. Bayr. Forstlichen Versuchsanstalt in München, der Kgl. Bayr. Agrikulturbotanischen Anstalt in München, der Kgl. Bayr. Moorkulturanstalt in München, der landwirtschaftlichen Abteilung der Kgl. Bayr. Technischen Hochschule in München, der landwirtschaftlichen Abteilung der Kgl. Bayr. Akademie und der Kgl. Bayr. Saatzuchtanstalt in Weihenstephan, sowie der Kgl. Bayr. Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau in Neustadt a. d. H.

Herausgegeben von **Dr. Carl Freiherr von Tubeuf**, o. ö. Professor an der Universität München.

Jährlich erscheinen 12 Hefte von ca. 3 Druckbogen mit Tafeln und zahlreichen in den Text gedruckten Abbildungen. Preis pro Jahrgang ℳ 14.—.

Die Jahrgänge 1903—1906 stehen zum ermässigten Preis von je ℳ 9.—, die Jahrgänge 1907—1912 zum ermässigten Preis von je ℳ 12.— zur Verfügung.

Fühlings Landwirtschaftliche Zeitung.

Zentralblatt für praktische Landwirtschaft. Unter Mitwirkung hervorragender Gelehrter und Praktiker herausgegeben von Geheimrat Professor Dr. **Edler**, Direktor des landwirtschaftlichen Instituts der Universität Jena. Monatlich 2 Hefte 2—2½ Druckbogen. — Preis pro Quartal ℳ 3.—.

Die Jahrgänge 1900—1905 stehen zum ermässigten Preis von je ℳ 6.—, die Jahrgänge 1906—1912 zu je ℳ 8.—, statt ℳ 12.— zur Verfügung.

Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten.

Organ für die Gesamtinteressen des Pflanzenschutzes. Herausgegeben von Geh. Regierungsrat Professor Dr. Paul Sorauer. Jährlich erscheinen acht Hefte, je vier Druckbogen stark, mit lithographierten Tafeln und in den Text gedruckten Abbildungen. Preis des Jahrgangs ℳ 20.—.

Empfohlen vom K. preuss. Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten und vom K. K. österr. Ackerbauministerium.

Frühere Jahrgänge, von welchen ein geringer Vorrat noch vorhanden ist, stehen zu ermässigten Preisen zur Verfügung.

Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz.

Organ der Kgl. Bayer. Agrikulturbotanischen Anstalt in München. Herausgegeben von Professor Dr. **L. Hiltner**. Monatlich 1 Nummer mit zwölf Seiten groß 8°, mit zahlreichen Abbildungen. Preis für den Jahrgang ℳ 3.—, durch die Post bezogen ohne Bestellgeld ℳ 2.80.

Die Jahrgänge 1903 bis 1912 stehen zum ermässigten Preis von je ℳ 2.20 zur Verfügung.

Deutsche Obstbauzeitung.

58. Jahrgang der Pomologischen Monatshefte. Zeitschrift für Förderung und Hebung der Obstkunde, Obstkultur und Obstbenutzung. Organ des deutschen Pomologenvereins. Jährlich 24 Hefte à 16 Seiten. Mit Textabbildungen und farbigen und schwarzen Früchtebildern. Preis pro Jahrgang ℳ 7.—.

Probehefte obiger Zeitschriften, welche durch alle Buchhandlungen, sowie durch alle Postanstalten zu beziehen sind, stehen kostenlos zur Verfügung.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin