



Universitätsbibliothek Frankfurt/M.

Sammlung deutscher botanischer Zeitschriften 1753-1914

Mitteilungen der K. Bayr. Moorkulturanstalt

Königlich Bayerische Moorkulturanstalt <München>

Stuttgart, 1907-1913

1910

Visual  Library



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



Mitteilungen der K. Bayr. Moorkulturanstalt.

Herausgegeben von Direktor 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 8 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.—.

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.

Mitteilungen

der

K. Bayr. Moorkulturanstalt.

—

Heft 4.

INHALT:

- I. Niederschrift über die am 21. Juni 1909 im kgl. Staatsministerium des Innern abgehaltene Sitzung des Beirates der k. b. Moorkulturanstalt, S. 1—30.
- 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, S. 31—156.
- III. Über die Torfmoore des Fichtelgebirges und ihre Verwertung. Von Dr. Albert Schmidt in Wunsiedel, S. 157—180.

(Mit 12 Abbildungen und einer kolorierten Tafel.)



STUTT GART 1910.
Verlagsbuchhandlung Eugen Ulmer.
Verlag für Landwirtschaft und Naturwissenschaften.

Druck der Kgl. Hofbuchdruckerei Ungeheuer & Ulmer, Ludwigsburg.



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

DFG

Mitteilungen

der

K. Bayr. Moorkulturanstalt.

—

Heft 4.

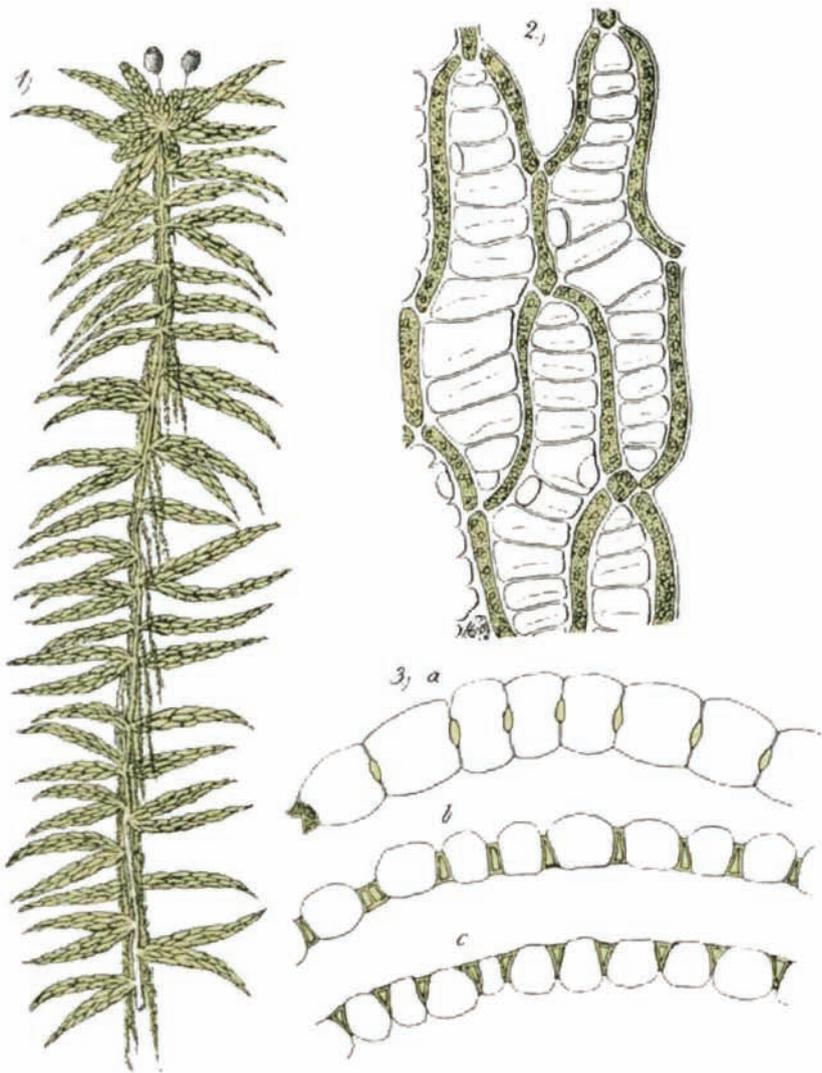
INHALT:

- I. **Niederschrift** über die am 21. Juni 1909 im kgl. Staatsministerium des Innern abgehaltene Sitzung des Beirates der k. b. Moorkulturanstalt, S. 1—30.
- 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, S. 31—156.
- III. **Über die Torfmoore des Fichtelgebirges und ihre Verwertung.** Von Dr. Albert Schmidt in Wunsiedel, S. 157—180.

(Mit 12 Abbildungen und einer kolorierten Tafel.)



STUTTGART 1910.
Verlagsbuchhandlung Eugen Ulmer.
Verlag für Landwirtschaft und Naturwissenschaften.



Erklärung

zu anliegender Tafel (vgl. „Untersuchungen über die Humussäuren“, Seite 134–138)

Fig. 1 zeigt ein Habitusbild von *Sphagnum cymbifolium* nach Limpricht (nat. Gr.). Die Blätter dienen zur Aufnahme des Wassers und der Nährstoffe; die herabhängenden Ästchen ziehen Wasser auch von unten nach oben.

Fig. 2 zeigt den anatomischen Bau der Blätter der abstehenden Äste von der Blattfläche aus gesehen (*Sphagnum cymbifolium*) nach Schimper (400f. Vergr.). Die schmalen grünen Bänder sind die kleinen Chlorophyllzellen; dazwischen liegen die farblosen, durch Spiralfasern versteiften „Hyalinzellen“, in denen auch große Poren sichtbar sind.

Fig. 3 Hier sind Querschnitte durch die mittleren Blätter abstehender Äste nach Limpricht dargestellt, um die Einlagerung der kleinen Zellen und ihre Größenverhältnisse gegenüber den Hyalinzellen zu zeigen (400f. Vergr.).

- Das Hochmoorsphagnum, *Sphagnum medium*, hat sehr kleine Chlorophyllzellen gegenüber den Hyalinzellen;
- das besonders in Waldsümpfen vorkommende (*Sphagnum fimbriatum*) und
- das Niedermoorsphagnum (*Sphagnum recurvum*) besitzt viel größere Chlorophyllzellen, die nicht mehr vollkommen von den Hyalinzellen umschlossen sind, sondern direkt an das Nährmedium grenzen. Untenstehender Holzschnitt zeigt dann noch, wie die Zellhaut bei Niedermoorsphagnen durch Membranlücken [bedeutend reduziert ist und die Hyalinzellen gewissermaßen nur mehr Zellhautfetzen an den grünen Zellen bilden, weil die Vergrößerung der Zellhaut zur Nahrungsaufnahme nicht mehr nötig ist.



Querschnitte von *Sphagnum fimbriatum* nach Warnstorff zeigen die Membranlücken der Hyalinzellen und die damit verbundene starke Reduktion der Zellhaut bei Sphagnen, die in nährstoffreichem Wasser leben.

Niederschrift

über die am 21. Juni 1909 im K. Staatsministerium des Innern
abgehaltene Sitzung des Beirates der K. B. Moorkulturanstalt.

Beginn: Vorm. 9^{1/2} Uhr.

Tagesordnung:

1. Bericht über die Arbeiten der K. Moorkulturanstalt im Jahre 1908;
Ref. der Direktor der K. Moorkulturanstalt, Prof. Dr. Baumann;
2. Arbeitsprogramm für das Jahr 1909; Ref. derselbe.
3. Etat der Moorkulturanstalt für das Jahr 1909; Ref. K. Ober-
regierungsrat Edler von Braun.
4. Überlassung einer größeren Anzahl von Gefangenen durch das
K. Staatsministerium der Justiz; Ref. K. Ministerialdirektor
Ritter von Baumgärtl.
5. Errichtung einer Kulturstation im Dachauer-Moos; Ref. der Vor-
stand der Moorkulturanstalt und der K. Assessor derselben, Bader.
6. Die Isarmoosentwässerung; Ref. K. Regierungsrat Reischle in
Landshut.

Gegenwärtig:

a) Mitglieder des Beirates:

1. Seine Exzellenz, der K. Staatsminister des Innern, Ritter
von **Brettreich**;

2. der K. Oberregierungsrat im K. Staatsministerium des Innern,
Edler von Braun;

3. der K. Ministerialdirektor Ritter von Braza;

4. der Direktor der K. Moorkulturanstalt, Prof. Dr. Baumann;

5. Se. Exzellenz der Präsident des Bayerischen Landwirtschafts-
rates, Reichsrat Dr. Freiherr von Soden-Frauenhofen;

6. das Mitglied des Bayerischen Landwirtschaftsrates, K. Käm-
merer Gutsbesitzer Freiherr von Pfetten-Arnbach in Nieder-
arnbach;

7. der K. Hofrat Professor May;

Mitteil. d. K. Bayr. Moorkulturanstalt, Heft 4.

1

8. der Reichsrat und K. Kämmerer Graf von und zu Sandizell in Sandizell;
9. der K. Universitätsprofessor Dr. Ramann;
10. der Direktor der K. Agrikulturbotanischen Anstalt, Professor Dr. Hiltner;
11. der K. Oberregierungsrat Professor Dr. Spöttle;
12. der K. Regierungs- und Baurat Ebersperger in München;
13. der K. Regierungs- und Baurat Reischle in Landshut;
14. der K. Regierungs- und Baurat Haushofer in Augsburg;

b) Auf besondere Einladung:

1. als Vertreter des K. Staatsministeriums der Justiz K. Ministerialdirektor Ritter von Baumgärtl;
2. als Vertreter des K. Staatsministeriums des Innern für Kirchen- und Schulanangelegenheiten K. Ministerialrat von Pracher;
3. der K. Ministerialrat Höfl;
4. der Professor der K. Akademie für Landwirtschaft und Brauerei in Weihenstephan, Dr. Wein;
5. der K. Assessor der Moorkulturanstalt, Mayer in Karlshuld;
6. der K. Assessor der Moorkulturanstalt, Bader.

c) Für die Niederschrift:

Regierungsakzessist Frhr. von Freyberg.

Entschuldigt:

1. Gutsbesitzer Freiherr von Tucher in Feldmühle;
2. K. Professor Geheimer Hofrat Dr. von Soxleth;
3. K. Professor Dr. Kraus.

Seine Exzellenz begrüßen die Erschienenen, stellen die Ziffern der Tagesordnung zur Besprechung und erteilen zunächst das Wort dem K. Ministerialdirektor Ritter von Baumgärtl zum Referate über Ziffer 4 der Tagesordnung.

1. Überlassung einer grösseren Anzahl von Gefangenen durch das K. Staatsministerium der Justiz.

K. Ministerialdirektor Ritter von Baumgärtl führt als Referent folgendes aus:

Entsprechend dem Wunsche des Landtages wie des Beirates der K. Moorkulturanstalt trachte die Justizverwaltung darnach, die Moorkultur durch Abstellung von Gefangenen tunlichst zu fördern. In der Moorkulturstation Bernau seien zur Zeit 30–35, in der

Moorkulturstation Großkarolinenfeld durchschnittlich 50 Gefangene beschäftigt. Die Leistungen der Gefangenen sind vollständig befriedigend.

Der Betrieb der beiden Stationen, die nicht in unmittelbarem Zusammenhange mit einer Gefangenenanstalt stehen, sondern der Kontrolle der Gefangenenanstalt Laufen unterstehen, sei jedoch mit Schwierigkeiten verbunden; namentlich sei das Aufsichtspersonal der Station bei der verhältnismäßig seltenen Kontrolle sich zu viel selbst überlassen. Es dürfte sich daher empfehlen, zur besseren Förderung der Kulturarbeiten eine größere Anstalt in einem Moore zu errichten. Da die Voraussetzungen hiefür gegeben seien, beabsichtige die Justizverwaltung nunmehr, im Moore bei Bernau eine eigene Anstalt zu errichten, welche 150 Gefangene aufnehmen soll. Der Betrieb der Anstalt würde verhältnismäßig einfach, notwendig sei jedoch, daß der Anstalt auf längere Zeit hinaus Arbeit gesichert würde. Der Betrieb würde insofern ein anderer wie bisher, als die Anstalt selbständig würde und eine eigene Verwaltung erhalte, und als die Gefangenen nunmehr während des ganzen Jahres im Moore verbleiben müßten. Als Zeitraum, für welchen eine Arbeitsgarantie zu übernehmen wäre, dürften sich 25 Jahre empfehlen; außerdem wäre für Beschäftigung der Gefangenen im Winter zu sorgen; endlich sei von der K. Moorkulturanstalt für die Aufstellung einer entsprechenden Zahl von Vorarbeitern Sorge zu tragen.

Die Gesamtkosten seien mit 330 000 *M* veranschlagt. Die Position wäre im außerordentlichen Etat dem Landtage vorzulegen. Für den persönlichen Bedarf würden Neuausgaben nicht erforderlich, da der Justizverwaltung infolge organisatorischer Änderungen bei den Strafanstalten genügend Personal zur Verfügung stehe.

Referent würde es lebhaft begrüßen, wenn das Unternehmen gelingen würde, denn es sei bei Besichtigung der Stationen eine Freude, zu sehen, was die Gefangenen schaffen; gerade diese Art der Beschäftigung sei auch für die Gefangenen sehr nützlich, gesundheitsfördernd und lehrreich für die Zukunft.

Die Station Großkarolinenfeld könnte bestehen bleiben und würde, da ein Ausbau dieser Station nicht möglich sei, der neuen Anstalt angegliedert.

K. Ministerialrat Höfl erläuterte das Projekt der Erbauung einer Gefangenenanstalt in Bernau an der Hand der ausgearbeiteten Pläne.

Die ständige Verwahrung von 150 Gefangenen bedinge zunächst die Schaffung von Schlaf- und Verwaltungsräumen, von Wohnungen für das Aufsichtspersonal, von Räumen für wirtschaftliche Zwecke und für einen Betsaal.

Wegen der kostspieligen Fundierung der Bauten im Moorgrunde und wegen der beabsichtigten Verlegung der Anstalt an eine andere Stelle des Moores, mußte eine besondere Bauweise ins Auge gefaßt werden. Sämtliche Gebäude sollen nach dem Döckerschen Systeme als Baracken errichtet werden und auf Betonpfeiler bzw. bei kleineren Gebäulichkeiten auf Betonplatten zu stehen kommen; außerdem empfehle es sich, unter allen Bauten ungefähr in Terrainhöhe einen Betonstrich zu legen, um den Ausdunstungen des Moores zu begegnen. Aus praktischen und ästhetischen Gründen empfehle es sich ferner, von den sonst üblichen Dachpappdächern abzusehen; die Dächer höher zu gestalten und zur Anpassung der Gebäude an die Landschaft mit Ziegelplatten einzudecken.

Vorgesehen seien drei Schlafbaracken mit zusammen 5 Sälen für je 25—30 Gefangene und mit Zimmern für Aufseher und Trockenräumen, sowie ein Wirtschaftsgebäude mit Aufenthaltsräumen, Küche, Waschräumen und Bädern. Das Projekt sei so gedacht, daß die Schlafbaracken und das Wirtschaftsgebäude unter einander durch Gänge in Verbindung stehen.

Außer diesen Bauten komme weiter die Errichtung von Wohnhäusern für die Beamten und Bediensteten in Frage und zwar: ein Wohnhaus für den Inspektor mit 5 Zimmern, Kammer, Küche, Wasserleitung usw., zwei Wohngebäude mit je 2 Wohnungen für je 2 verheiratete Aufseher, bestehend aus 3 Wohnzimmern, Kammer, Küche und Nebenanlagen. Eine bereits vorhandene Baracke soll in das Moorfeld verlegt werden als Aufenthaltsraum für die Gefangenen während der Mittagszeit, bei schlechtem Wetter usw. Die Wasserversorgungsfrage sei durch den Anschluß an die Hochdruckwasserleitung von Bernau auf das beste gelöst.

Der Bauplatz befinde sich in der Nähe der Ansiedelung der Moorkulturanstalt auf forstärarialischem Grunde, dessen Überlassung kaum Schwierigkeiten bereiten werde, und sei für Errichtung der Anstalt sehr geeignet, da gegen Südwest und Nordwest Waldparzellen zum Schutze gegen die nachteiligen Einwirkungen des Windes vorliegen.

Die Gesamtbaukosten belaufen sich auf 268 500 \mathcal{M} , die Kosten für die innere Einrichtung (einschließlich einer Reserve) auf 61 500 \mathcal{M} , der gesamte sachliche Bedarf berechne sich sonach auf 330 000 \mathcal{M} .

Durch die Errichtung der Anstalt entstehe das Bedürfnis, auch die Moorkulturstation in Bernau zu erweitern und zwar zunächst durch Errichtung eines Wohngebäudes für einen Assessor. Dieses Wohngebäude sei gleich dem des Inspektors der Gefangenenanstalt gedacht, außerdem sei noch ein kleines Bureaugebäude mit bescheidener

Gärtnerwohnung vorgesehen. Es empfehle sich aus ästhetischen Gründen sowohl wie wegen der schwierigen Fundierungsverhältnisse diese Objekte nicht mit einander zu verbinden. Außerdem sei der Abbruch und Wiederaufbau einer bereits vorhandenen Gefangenen-Baracke notwendig.

Da die Milchbeschaffung wegen der großen Entfernung von Grassau und Bernau auf Schwierigkeiten stoße, sei auch für die Errichtung von Ökonomiegebäuden Sorge zu tragen. Vorgesehen sei ein Stall für 12 Kühe, Jungvieh, sowie für 2 Maultiere, ferner Molkereiräume und eine bescheidene Schweizerwohnung. Der Stall sei erweiterungsfähig zu gestalten und so anzulegen, daß er in die Nähe eines bereits vorhandenen Heustadels komme. Außerdem sei die Anlage einer Dungstätte, Kanalisierung, Anschluß an Wasserleitung, Wegplanierung erforderlich. Diese Anlagen sollen stabil werden und bei Verlegung der Anstalt nicht transferiert werden.

Die Kosten für das Wohngebäude des Assessors sind mit 12 000 *M*, für das Bureaugebäude mit Gärtnerwohnung mit 16 000 *M*, für die Verlegung der Baracke mit 1500 *M*, für die Errichtung des Ökonomiegebäudes mit 20 000 *M* veranschlagt. Für Wasserleitung sind 1000 *M*, für Wegbefestigung, Kanalisierung 3000 *M*, sohin insgesamt einschließlich einer Reserve 60 000 *M* vorgesehen.

Das Gesamtprojekt würde sonach einen Kostenaufwand von 390 000 *M* erfordern.

K. Ministerialdirektor von Baumgärtl erklärt, daß die Justizverwaltung bereit sei, die Kosten für Erweiterung der Moorkulturstation und die Errichtung des Ökonomiegebäudes im Gesamtbetrage von 60 000 *M* in das Projekt mit aufzunehmen und dem Landtage mit vorzulegen. Hiedurch werde eine erhebliche Vereinfachung erzielt und eine doppelte Verhandlung vermieden.

Direktor Dr. Baumann führt zur Frage der Beschaffung von Arbeit für die Gefangenen aus, daß zunächst eine große Anzahl von Moorgrundstücken von Privaten zur Kultivierung vorgemerkt sei; außerdem liege ein großes Kulturprojekt des Vereins für verwairste Jugend vor, der demnächst vom Forstärar eine Fläche von 70 ha nördlich vom Versuchsfelde der Moorkulturanstalt erwerbe. Diese Fläche erfordere zur Kultur allein 7 Jahre. Daran anstoßend sollen 20—30 ha dem Kloster Frauenchiemsee gehöriges Moorland von der Moorkulturanstalt der Kultur zugeführt werden. Auch das Versuchsfeld ist noch um 30 ha zu vergrößern und die ganze Versuchsfläche von 60 ha ist ständig zu bewirtschaften. Um eine Beschäftigung der Gefangenen für einen Zeitraum von 25 Jahren garantieren zu können, müßten allerdings auch weiter von Bernau

entfernt liegende Gründe mit eingerechnet werden, so z. B. bei Inzell eine Fläche von 100 ha. Doch würde gegen die Verlegung einer Baracke dorthin nach dem Muster von Karolinenfeld kaum Bedenken bestehen.

Schwierigkeiten verursache nur die Beschaffung von Winterarbeit für die Gefangenen. Anfangs sei durch den Ausbau der Straße von Bernau nach Übersee und durch den Bau einer Straße durch das ganze Moor sowie durch Entwässerungsanlagen genügend Beschäftigung für den Winter vorhanden. Für die spätere Zeit schlage er die Errichtung einer kleinen Torfstreifefabrik, sowie die Beschäftigung der Gefangenen mit Weidenschälen vor; letzteres umsomehr als in Bernau bereits Weidenpflanzungen angelegt seien.

Seine Excellenz schlagen als Winterarbeit die Anfertigung von Körben für die Obstverpackung vor und betonen, daß wenigstens in den nächsten 10 Jahren an Ort und Stelle genügend Arbeit für 150 Gefangene vorhanden sein müsse.

Direktor Dr. Baumann führt aus, daß 30 Gefangene auf dem Versuchsfelde Beschäftigung finden, und 30 Gefangene für den Verein zur Erziehung verwahrloster Jugend; 30 Gefangene seien bereits jetzt für Kultur anderer privater Grundstücke notwendig; eine größere Anzahl Gefangene (ca. 30) werden mit Hausarbeit und Torfstich beschäftigt. Arbeit sei sohin genügend vorhanden; außerdem seien 30 ha Versuchsfelder der Anstalt noch nicht kultiviert.

K. Ministerialdirektor von Baumgärtl bemerkt, daß die Justizverwaltung dazu beitragen werde, Arbeit für den Winter zu beschaffen. Die Gefangenen von Großkarolinenfeld würden während der Wintermonate nicht nach Bernau überstellt, sondern der Gefangenenanstalt Laufen oder einer anderen Anstalt zugeteilt.

Freiherr von Pfetten regt an, bei Erbauung der Anstalt statt Biberschwänzen Pfannenbleche als Bedachung zu verwenden, die sich bei Sturm sehr bewährt hätten, billiger als sonstige Blechdächer kämen und die Blitzableiteranlage außerordentlich einfach gestalten.

K. Ministerialrat Höfl betont dem gegenüber, daß die Temperaturverhältnisse in den Räumen sich bei Anbringung von Blechdächern äußerst ungünstig gestalten; außerdem würden Blechdächer das landschaftliche Bild in erheblichem Maße stören. Die Blitzableiteranlage sei bei Blechdächern allerdings einfacher, spiele aber hinsichtlich der Kosten keine große Rolle.

Bezüglich der Frage der Entlohnung der Gefangenen bemerkt K. Ministerialdirektor von Baumgärtl, daß der bisher gewährte Taglohn von 1 \mathcal{M} 20 \mathcal{S} zu gering sei; würde der Satz auf 1 \mathcal{M} 50 \mathcal{S} festgesetzt, so würde das zwar eine Mehrausgabe für die Anstalt

bedeuten, es würden jedoch die von der Moorkulturanstalt bisher gewährten Prämien in Wegfall kommen und der Verwaltung überlassen bleiben, nach der Hausordnung entsprechende Gutschriften zu gewähren.

Direktor Dr. Baumann ist mit der Erhöhung der Löhne einverstanden; eine Mehrausgabe entstehe dadurch nicht, da die bisherige Auflage, für alle baulichen Maßnahmen aufzukommen, durch das neue Projekt in Wegfall komme.

Seine Excellenz stellen fest, daß die Erschienenen mit dem Projekte einverstanden sind und geben dem Wunsche Ausdruck, der Landtag möge die erforderlichen Mittel genehmigen.

2. Die Isarmoosentwässerung.

Der Referent, K. Regierungsrat Reischle in Landshut, führt aus:

Im Laufe des September h. J. werde voraussichtlich das Projekt der Genossenschaft B zur Vollendung gelangen, nachdem die Aufnahme des Projektes im Jahre 1896 erfolgt sei, die Instruktiionsverhandlungen die Jahre 1898—1907 in Anspruch genommen haben und im August 1907 mit den Arbeiten begonnen worden sei.

Mit einer Gesamtfläche von 3414 ha habe die Genossenschaft B die größte Genossenschaft nach dem alten Wassergesetze gebildet.

Die Gesamtkosten seien mit 250 000 \mathcal{M} veranschlagt; bis 19. Juni h. J. seien insgesamt 195 000 \mathcal{M} verausgabt worden.

Beschäftigt seien zur Zeit 110 Arbeiter, meist Leute aus der dortigen Gegend. Die Beziehung von Gefangenen habe der Genossenschaftsvorstand mangels Vorliegens eines Bedürfnisses abgelehnt. Die Zahl der Arbeiter habe je nach der Jahreszeit zwischen 30 und 250 geschwankt.

Bezüglich der Löhne sei nunmehr eine wesentliche Verbilligung der Arbeitskräfte eingetreten; während früher die Arbeitsstunde mit 30, 32, 34 \mathcal{M} berechnet wurde, wurden jetzt nur noch 26, 28, 30 \mathcal{M} bezahlt.

Der Hauptkanal, welcher ohne die Loichinger und Rosenauer Hochwasserableitung eine Gesamtlänge von 24 km besitze, habe einen Erdaushub von 113 000 cbm erfordert. Die gesamte Moorfläche wurde durch die Distriktsstraße Dingolting-Mengkofen in zwei ziemlich gleich große Teile geteilt.

Fertiggestellt seien außer dem Hauptkanal, der mitunter ein Querprofil von 7 qm besitze, die Loichinger und Rosenauer Hochwasserableitungen und die Seitenkanäle bei Weng und Großköllnbach; die Seitenkanäle bei Rimbach, Dornwang, Moosthenning und Thürnthenning seien bereits abgesteckt.

Wie zu erwarten war, seien durch die Kanäle Grundwasserströme angeschnitten worden, die nunmehr dem Hauptkanale zuströmen und eine gründliche Entwässerung ermöglichen. Nach einer vor kurzem vorgenommenen Wassermessung strömen gegenwärtig 876 Sekundenliter der Isar zu, zu einer Zeit, wo früher höchstens 5—10 Sekundenliter abfloßen.

Eine Austrocknung der Kanäle sei ausgeschlossen, was um so wichtiger sei, als gleich bei Beginn der Arbeiten auf eine spätere Bewässerung Rücksicht genommen worden sei. Zu diesem Zwecke seien sämtliche Brücken zugleich als Schleusen eingerichtet. Der Wasserbedarf werde voraussichtlich ein sehr geringer sein, es sei bestimmt anzunehmen, daß das Wasser, das sich in der oberen Hälfte sammelt, ausreichend sei für die Bewässerung der unteren Hälfte. Wenn das Projekt der oberhalb liegenden Genossenschaft A fertig gestellt sei, könne weiter gesagt werden, daß das von der Fläche A zufließende Wasser samt dem von B abströmenden Wasser zur Bewässerung der gesamten Fläche der Genossenschaft B ausreiche.

Auch in den Kreisen der Genossen herrsche ein reges Interesse an der künftigen Bewässerung.

Von sämtlichen Gemeinden sei partielle Flurbereinigung beantragt worden; der gesamte Hauptkanal sei im Wege der Flurbereinigung durchgeführt worden; dadurch sei es ermöglicht worden, daß im Hauptkanale Strecken bis zu $2\frac{1}{2}$ km gerade Linien bilden.

Durch das Moos führen bereits zwei neuangelegte Wege; zwei weitere sollen noch gebaut werden.

Auch die Moorkulturanstalt habe bereits erfolgreich sich am Unternehmen beteiligt und es seien bereits heuer eine große Anzahl Gründe mit Grassamen angebaut worden.

Die gesamte Grundfläche lasse sich in 3 Klassen einteilen:

Klasse I umfasse die am stärksten versumpften Gründe mit einer Gesamtfläche von 2043 ha;

Klasse II die weniger versumpften Gebiete mit einer Gesamtfläche von 842 ha;

Klasse III nasse Wiesen, die der Entwässerung bedürfen, aber nicht mehr Moorgrund sind, mit einer Fläche von 529 ha.

Die am stärksten versumpften Gebiete liegen unterhalb der Distriktsstraße Dingolfing-Mengkofen. Hier seien derart schlechte Vegetationen vorhanden, daß bei der botanischen Untersuchung bis zu 99 % sämtlicher Gräser sich als schlechte oder schädliche und nur $\frac{1}{2}$ % als annehmbare Gräser erwiesen haben.

Infolgedessen habe sich auch bei den Eigentümern dieser Grundstücke die Überzeugung gebildet, daß mit der einfachen Kultur.

Übererden und Auffahren von Kunstdünger nicht viel zu erreichen sei, daß vielmehr die gesamte Fläche umgerissen werden müsse und zwar auf möglichst große Tiefe. — etwa 35 bis 40 cm. — Die wichtigste Aufgabe für die nächsten Jahre werde jedenfalls die Erforschung der Frage sein, wie diese Flächen am zweckmäßigsten umgerissen werden. Die Dampfpflüge, welche 25—30 Tagwerk im Tage bei einem Kostenaufwand von 10—11¹/₂ M für das Tagwerk umreißen, seien zu schwer. In Norddeutschland kämen neuerdings elektrische Pflüge zur Anwendung, bei welchen der Kraftmotor auf der festen Straße zur Aufstellung gelange; ein bestimmtes Urteil über die Brauchbarkeit dieser Pflüge lasse sich noch nicht bilden.

In den Hauptkanal und einige Seitenkanäle namentlich bei Hörmannsdorf, Weng und Moosthenning münden einige sehr starke Quellen (bis zu 50 Sekundenliter), welche reinstes Quellwasser enthalten und für Fischzucht sehr geeignet wären. Auch in den Bezirken Tötting und Großköllnbach fänden sich dankbare Objekte für Fischzucht.

Am Schlusse seiner Ausführung läßt der Referent den Beirat der K. Moorkulturanstalt zu einer Besichtigung des Isarmooses ein.

In der hierauf von Seiner Exzellenz eröffneten Diskussion fragt K. Regierungsrat Haushofer an, ob bei der Bewässerung das Grundwasser direkt angestaut und auf die Grundstücke verteilt wird, oder ob Reservoirs vorgesehen sind (namentlich auch wegen der Erwärmung des Wassers).

K. Regierungsrat Reischle erwidert, daß bereits seit 3 Monaten im Bezirke der Gemeinden Rimbach und Dingolfing mit Einwilligung der Bürgermeister dieser Gemeinden größere Bewässerungsversuche ausgeführt werden, die, dank der soliden Konstruktion der Brücken, welche einen Aufstau bis Terrainhöhe ermöglichen, sämtliche befriedigten. Die Befürchtung, daß das Wasser zu kalt sei, teile er nicht, außerdem trete auch durch den Aufstau eine Erwärmung des Wassers ein. Zweifellos würde sich diese Art der Bewässerung sehr gut rentieren.

Se. Exzellenz Dr. Freiherr von Soden betonen, daß das Projekt den weitgehendsten Erwartungen entspreche und fragen an, ob die in erheblichen Mengen abströmenden Wassermengen nicht für elektrische Anlagen u. s. f. nutzbar gemacht werden können.

K. Regierungsrat Reischle bedauert, diese Frage wegen des zu geringen Gefälles verneinen zu müssen.

K. Oberregierungsrat Professor Dr. Spöttle begrüßt es, daß mit der Entwässerung zugleich eine Bewässerung verbunden sei, was um so notwendiger sei, als Niederschläge in der Gegend des Isar-

mooses ziemlich selten seien, und fragt an, ob außer der Staugrabenrieselung noch weitere Rieselrinnen vorgesehen seien.

K. Regierungsrat Reischle verneint diese Frage. Der Boden im Isarmoos sei im allgemeinen in der oberen Schichte sehr undurchlässig, dann beginne teilweise Sand, später Kies; eben deshalb genüge wenig Wasser, um durch Aufstau die Terrainhöhe zu erreichen und ausgedehnte Flächen mittels des in den Kanälen abgeführten Grundwassers bewässern zu können.

Seine Exzellenz danken dem Referenten, daß er den Gedanken einer Entwässerung des Isarmooses, der zweifellos vorbildlich wirken werde, aufgegriffen habe und stellen eine Besichtigung der Anlagen für das nächste Jahr in Aussicht.

3. Bericht über die Arbeiten der K. Moorkulturanstalt im Jahre 1908.

Referent Direktor Dr. Baumann bemerkt zunächst, daß der Bericht über die Arbeiten der K. Moorkulturanstalt in diesem Jahre leider nicht mehr im Drucke fertiggestellt werden konnte, weil er durch die Aufstellung von Rentabilitätsrechnungen, welche von einzelnen Mitgliedern der Kammer der Abgeordneten gewünscht wurde, eine Verzögerung erfahren habe und weil andererseits der Druck des Berichtes nicht mehr in München, sondern im Ulmer'schen Verlag in Stuttgart erfolge.

Referent gibt aus dem Jahresbericht folgendes bekannt:

Die Arbeiten der Moorkulturanstalt haben sich in den beiden letzten Jahren, besonders aber im Jahre 1908, in unerwarteter Weise vermehrt. Während die Anstalt im Jahre 1906 noch für die Kultur von 106 ha Moor zu sorgen hatte, ist die Moorfläche, auf der Kulturarbeiten ausgeführt wurden, im Jahre 1907 auf 212 und im Jahre 1908 auf 419 ha angewachsen. Innerhalb des letzten Jahres hat sich also die Kulturfläche fast verdoppelt und in 2 Jahren fast um das Vierfache vergrößert. Dabei konnten bei weitem nicht alle Kulturansprüche befriedigt werden; denn Etat und Personal der Anstalt ist den erhöhten Anforderungen nicht mehr gewachsen, wie schon im letzten Jahresbericht hervorgehoben wurde.

Daß der Etat ganz ungenügend geworden ist, geht aus dem Rechnungsabschluß des verflossenen Jahres hervor. Im ganzen wurden 228 505 Mk. ausgegeben, während der Kostenvoranschlag für die Ausgaben auf 177 500 Mk. berechnet war. Die Mehrausgabe von 51 000 Mk. wurde zwar hauptsächlich durch Vermittlung von Dünger und Saatgut für Moorboden verursacht (um 22 394 Mk. mehr gegenüber der Etatposition von 15 000 Mk.), sowie durch die Kultur-

unternehmungen, welche die Moorkulturanstalt gegen Ersatz der Barauslagen im Kolbermoor, in der Riederfilz und in den Chiemseemooren bei Egerndach ausgeführt hat. Allein es wäre doch ein erhebliches Defizit geblieben, wenn nicht das K. Staatsministerium des Innern einen Zuschuß für die Kulturen in Niederbayern bewilligt und wenn nicht die Ernte der Versuchs- und Kulturfelder der Anstalt, namentlich die Kartoffelernte bei Bernau und Karolinenfeld, besonders günstig ausgefallen wäre und um rund 8000 Mk. mehr eingebracht hätte, als im Etat vorgesehen war.

Wie rasch die Kulturarbeiten anwachsen, welche die Moorkulturanstalt für private und fiskalische Moore auszuführen hat, geht auch aus den Ausgaben für die Tagelöhne hervor. Im Jahre 1906 betrug die Etatposition für Tagelöhne noch 26 500 Mk. Im Jahre 1907 wurden an Tagelöhnen für Kulturarbeiten 35 045 Mk., im Jahre 1908 dagegen 58 229 Mk. verausgabt. Auch diese Summe wäre noch ganz unzureichend gewesen, wenn nicht wieder das K. Staatsministerium der Justiz für Bernau 30—35 und für die Kolbermoorfilz bei Karolinenfeld 50 Gefangene überlassen hätte.

Die Gefangenen haben in Bernau den größten Teil ihrer Arbeitszeit auf Kultur roher Moore für Private verwendet (besonders für den kath. Verein zur Erziehung verwahrloster Jugend und für verschiedene Moorbesitzer der Umgegend). Der Arbeitstag ist hier, da besondere Kosten für Unterkunft und Verpflegung nicht erwachsen, auf rund 1 Mk. 50 Pf. zu stehen gekommen. Im Kolbermoorfilz, wo es sich um Kulturen von abgetorften fiskalischen und privaten Moorgründen handelt, waren im vergangenen Jahr durch Verlegung der Gefangenenbaracke und durch Versorgung der Gefangenenkolonie mit Trinkwasser größere Ausgaben entstanden, so daß hier ein Arbeitstag auf rund 2 Mk. 9 Pf. sich berechnete. Demgegenüber haben sich in den letzten Jahren die Tagelöhne für freie Arbeiter in unverhältnismäßiger Weise erhöht. Im Allgäu sind Arbeiter, die mit Entwässerungs- und Kulturarbeiten vertraut sind, unter 4 Mk. Taglohn kaum mehr zu finden. Im westlichen Vor-alpenland sind die Tagelöhne bei längerer Beschäftigung zwar noch erheblich billiger und belaufen sich auf 2 Mk. 80 Pf. bis 3 Mk. für 10 Arbeitsstunden. Allein es ist ungemein schwer, eine größere Anzahl brauchbarer Arbeiter zusammenzubringen. Für die Kultur bei Egerndach mußten Zementarbeiter verwendet werden, die von einer dortigen Fabrik wegen flauen Geschäftsganges entlassen waren. Für die Riederfilz bei Wasserburg, wo ständiger Arbeitermangel herrscht, wurden 20 Polen angeworben, deren Arbeit sich besonders durch die weite Reise verteuert, die entschädigt werden muß und durch die

Unterkunft, die der Arbeitgeber zu stellen hat. Die Polen leisteten der Anstalt 3313 Tagschichten. Obwohl die eigentlichen Tagelöhne sich nur zwischen 2 Mk. (Weiber) und 2 Mk. 70 Pf. (Vorarbeiter) bewegten, kam doch ein Arbeitstag durchschnittlich auf 3 Mk. 10 Pf. zu stehen.

Billige Kulturarbeiten leisten also nur noch die Gefangenen und nur durch Gefangene wird es möglich sein, im Allgäu und anderen Gegenden mit hohen Arbeitslöhnen Moore, die zu ihrer Kultur viel Handarbeit verlangen, wie die holzreichen Hochmoore und schlecht abgetorfte Moore, gewinnbringend zu kultivieren.

Im ganzen sind im Jahre 1908 von Gefangenen 15532, von freien Arbeitern rund 12600 Tagschichten geleistet worden, in Summa rund 28100 gegenüber 19600 des Jahres 1907.

Ebenso wie die Kulturarbeiten auf dem Moore, wuchsen auch die Arbeiten zur Voruntersuchung der Moore, die demnächst kultiviert werden sollen. Im vergangenen Jahr wurden 5119 ha rohes Moor auf Vegetation und Mächtigkeit untersucht gegen 2900 ha im Jahr 1907. Im chemischen Laboratorium war in 282 Bodenproben der Gehalt an Pflanzennährstoffen festzustellen, außerdem eine größere Anzahl von Pflanzenanalysen und Brennwertbestimmungen an Torfproben auszuführen. Die chemische Untersuchung kann nicht mehr Schritt halten mit der Untersuchung der Moore im Gelände; die Aufstellung eines dritten Chemikers wird ein unabweisbares Bedürfnis, ebenso wie die Anstellung von Vorarbeitern und Aufsehern für die Kulturen, welche die Anstalt für Private zu leiten und auszuführen hat.

Die Anlagen von Jungviehweiden haben in Bernau sehr günstige Ergebnisse geliefert. Die durchschnittliche monatliche Gewichtszunahme der Kälber betrug beim Weidegang im Bernauer Hochmoor 19 kg, bei der Stallfütterung in Karlshuld nur ca. 8 kg. Die zum Versuchsfeld gehörigen noch unkultivierten Teile des Chiemseemoores sollen nun völlig in Weiden angelegt werden, auf denen Jungvieh von Bauern gegen eine entsprechende Entschädigung geweidet werden soll. Es besteht kein Zweifel, daß von dieser Einrichtung, die allerdings erst in einigen Jahren ins Leben treten kann, eifrig Gebrauch gemacht werden wird. Hoffentlich wird gleichzeitig ein neuer Ansporn zur Moorkultur für die Bevölkerung des Voralpenlandes gegeben, die fast ausschließlich auf Viehzucht angewiesen ist.

Von den Mitteilungen der K. Moorkulturanstalt ist im Jahre 1908 das 2. Heft im Verlag von Ulmer in Stuttgart erschienen. Die erste Abhandlung vom Vorstand der Moorkultur-

anstalt bespricht die Verwendung von Strafgefangenen zur Moorkultur in verschiedenen Ländern und erörtert die Notwendigkeit, Gefangene für Landeskulturarbeiten zu verwenden, sowohl im Interesse der geistigen und leiblichen Wohlfahrt der Gefangenen als im Interesse des Staates. Die zweite Abhandlung von Herrn Prof. Dr. Freiherrn von Tubeuf liefert einen Beitrag zur Kenntnis der Fusarienkrankheiten unserer Kulturpflanzen; sie gründet sich auf Beobachtungen, die auf unserem Versuchsfeld bei Bernau gemacht worden sind. Die dritte Abhandlung von dem Botaniker der Anstalt, Herrn Assessor Dr. H. Paul erörtert in ausführlicher Weise eine wichtige Frage über die Ernährung der Torfmoose, die mit der Ausbildung der Hochmoore im Zusammenhang steht und teilt außerdem Versuche mit, über die verschiedene Fähigkeit der einzelnen Torfmoosarten Wasser in sich aufzusaugen.

Von den Arbeiten, welche die Moorkulturanstalt im verflossenen Jahr für private Moorkulturen ausgeführt hat, kommt zunächst die Untersuchung von Moorflächen in Betracht:

Im Erdinger Moos wurden auf Veranlassung verschiedener Grundbesitzer in den Gemeinden Kirchheim, Aschheim, Ismaning und Unterföhring ca. 50 ha Moorboden untersucht. Im Dachauer Moos wurden die Exter'schen Grundstücke, die ca. 80 ha umfassen, genau aufgenommen, außerdem im südlichen Dachauer Moos noch eine rund 1000 ha große Moorfläche zwischen der Straße Karlshuld-Dachau und dem Gröbenbach. In der Voralpenlandschaft waren Mooraufnahmen auszuführen im Priesbergermoos bei Berchtesgaden, im Sillersdorfer Moos bei Laufen, im Bez.-Amt Tölz bei Neupenzberg und in der Jachenau, im Bez.-Amt Weilheim die Moorgründe des Gutes Harberg am Staffelsee und des Gutes Scheithauf bei Peissenberg, die Ammermoore zwischen Weilheim und dem Ammersee, die allein ca. 1900 ha umfassen; im Bez.-Amt Landsberg eine 30 ha große Moorfläche bei Unterwindach. Im Allgäu wurden die Geltnachmoore im Bez.-Amt Markt Oberdorf im Umfang von 720 ha und im gleichen Bezirksamt mehrere Moore bei Balteratsried und Görisried, im Bez.-Amt Sonthofen die Moorgründe des Gutes Rauhenzell bei Immenstadt untersucht. Im Bez.-Amt Füssen sollen nunmehr sämtliche Moore systematisch aufgenommen werden als Vorbereitung für eine im Allgäu zu errichtende Moorkulturstation; im verflossenen Jahr wurden ca. 900 ha hauptsächlich nördlich von Füssen bei Waizen, Hopferau und Seeg untersucht. In der Oberpfalz wurden die Flächen der Ortsgemeinde Untermantel (5 ha) bei Weiden und mehrere Moorflächen bei Dietersdorf, Bez.-Amts Oberviechtach, ferner bei Kirchentumbach, Bez.-Amts Eschenbach, und

bei Waidhaus, Bez.-Amts Vohenstrauß, sowie bei Schwarzenreuth, Bez.-Amts Kemnath, untersucht, in Oberfranken die Moorgründe der Entwässerungsgenossenschaft Niederlamitz und bei Voitsumra, beide im Bezirksamt Hof.

Diese Mooruntersuchungen werden hauptsächlich in den Monaten Juni bis September vorgenommen, die Frühlings- und Herbstmonate aber dienen ausschließlich der Anlage von Beispielskulturen und Demonstrationsversuchen, die die Moorkulturanstalt im vergangenen Jahr viel mehr beschäftigt hat, als in den früheren Jahren.

Nicht nur bei den einzelnen Kulturstationen, sondern in den verschiedensten Gegenden Bayerns wurden solche Arbeiten ausgeführt zum Teil in eigener Regie der Moorkulturanstalt, zum Teil auf Kosten der Moorbesitzer. Es sei nur erwähnt, daß die Anstalt in Bernau jetzt viel mehr mit Privatkulturen als mit Kulturen auf dem Versuchsfeld beschäftigt ist. Auf dem Versuchsfeld Bernau waren ca. 30 ha, bei Privaten aber 37 ha teils ganz zu bewirtschaften, teils mit Dünger, Grassamen etc. zu versorgen. Im Kolbermoor bei Karolinenfeld sind jetzt 69 ha kultiviert, die von der Moorkulturanstalt auch bewirtschaftet werden. Im Dachauermoos wurde eine 2 ha große Versuchsfläche bei Gröbenzell bewirtschaftet, um Erfahrungen über den eigenartigen Boden zu sammeln. Ausführliche Angaben über Kosten und Rentabilität dieser Anlage werden im Jahresbericht mitgeteilt. Im Erdinger Moos wurden verschiedene kleinere Beispielskulturen angelegt, außerdem die Leitung einer größeren Kulturanlage (10 ha) bei der Pschorrschwaige übernommen. Die Leitung einer größeren Moorkultur ist der Moorkulturstation auch auf dem Gut Schildschwaig bei Steingaden übertragen, wo eine 46,5 ha große, nährstoffarme Hochmoorfläche zu kultivieren ist. Zwei größere Moorkulturen führt die Anstalt ferner im Auftrag der Moorbesitzer gegen Ersatz der Baarauslagen durch; die eine in der Riederfilz für Herrn Gutsbesitzer Esslinger in Hart bei Wasserburg und die eine bei Egerndach in den Chiemseemooren für einen Bauern namens Unterbuchner, der die nötigen Mittel von der Landeskulturrentenkasse erhalten hat. Im Allgäu wurden die Beispielsversuche bei Seeg fortgeführt. In der Oberpfalz ist die Moorkulturanstalt durch zahlreiche Arbeiten in 14 Gemeinden in Anspruch genommen. In eigener Regie werden Kulturen in den Vilsmooren bei Vilseck und in dem Gemeindemoor bei Schwandorf vorgenommen. Die Arbeiten erstreckten sich auf 40 ha und kamen 43 Besitzern zu gut. In Niederbayern konnte die Anstalt im Isarmoos durch einen besonderen Zuschuß, den das K. Staatsministerium des Innern bewilligt hat, noch im Herbst vergangenen Jahres zahlreiche Beispielsversuche in 14 Gemeinden

einleiten, für 35 Besitzer mit 13 ha. Der Verein zur Förderung der Moorkultur ist bei diesen Versuchen mit einer Fläche von 6 ha beteiligt. Die Versuche in der Oberpfalz, in Oberfranken und Niederbayern werden den Etat in diesem Jahr bedeutend in Anspruch nehmen. Die Kosten dürften sich hierfür auf ca. 22 000 *M* belaufen, denen allerdings auch Einnahmen aus den Regiekulturen gegenüberstehen.

Bezüglich der Versuche, welche die einzelnen Moorkulturstationen auf ihren Versuchsfeldern ausgeführt haben, wird auf den Jahresbericht verwiesen. Erwähnt sei nur, daß bei Bernau die vergleichenden Düngungsversuche zwischen Chilisalpeter und Kalksalpeter zu gunsten des Chilisalpeters ausgefallen sind. Der Chilisalpeter ist auch dem Kalkstickstoff überlegen gewesen. Bezüglich der wichtigen Frage, ob Hochmoore zur Einleitung der Kultur gekalkt werden müssen oder nicht, haben die Versuche des letzten Jahres wiederholt bewiesen, daß eine starke Kalkung nicht nur überflüssig, sondern schädlich ist, wenn man zur Einleitung der Hochmoorkultur Kartoffel anbaut. Eine günstige Wirkung des Kalkens hat sich in Übereinstimmung mit früheren Versuchen nur beim Haferbau konstatieren lassen.

Von Interesse sind auch noch die Versuche mit Jauchedüngung der Wiesen. Die Jauche hat hierbei besser gewirkt, als nach ihrem Stickstoffgehalt anzunehmen war. Sehr wahrscheinlich hat die Jauche die Zersetzung des Moorbodens gefördert, sodaß die Pflanzen den nötigen Stickstoff dem Boden, der ja 1—2 % schwer löslichen Stickstoff enthält, entnehmen konnten.

Die Moorkulturstation Karlshuld führt jetzt auch Versuche bei Pobenhausen und im Feilenmoos bei Ernsgaden aus, wo sie teils eigenen Grund und Boden, teils Pachtfelder bewirtschaftet. Das Feilenmoos hat bei den bisherigen Versuchen sich als ein günstiges Kulturobjekt erwiesen; es macht keine hohen Ansprüche an Düngung, namentlich ist in den anmoorigen Partien die teure Stickstoffdüngung überflüssig, wenigstens im ersten Kulturjahr. Fraglich ist allerdings, wie lange das geringe Stickstoffbedürfnis des anmoorigen Bodens anhält. Nicht weniger günstig ist die Kultur auf der früheren Pobenhausener Gemeindeweide.

Die Kälberaufzuchtversuche wurden fortgesetzt mit 3 Kälbern der Allgäuer Rasse, die sich tatsächlich widerstandsfähig gegen die Lecksucht erwiesen und im allgemeinen eine bessere Gewichtszunahme bei Stallfütterung zeigten, als die Simmentaler Kälber, die früher zum Versuch dienten. Eine wirklich erfreuliche Entwicklung und erhebliche Gewichtssteigerung erfuhren die Kälber aber erst

dann, als sie 6 Wochen auf der Weide sich befunden hatten. Der Weidegang ist, wie sich auch anderwärts herausgestellt hat, das einzige und sicherste Mittel, Lecksucht zu verhüten und Kälber mit Erfolg aufzuziehen. Es ist deshalb auch in Karlshuld beabsichtigt, Weideversuche einzurichten.

Im vorigen Jahr wurde in Karlshuld mit Windmessungen begonnen, um zu erfahren, ob Windmotoren mit Vorteil im Donaumoos gebraucht werden können. Die bisherigen Beobachtungen haben leider kein günstiges Ergebnis geliefert. Am häufigsten zeigte nämlich der Wind eine Geschwindigkeit von 2—3 m in der Sekunde, während die Windturbinen-Fabriken eine gute Leistung ihrer Motoren nur bei einer Geschwindigkeit von 4—5 m garantieren. Es scheint also, daß Windmotoren zu einem regelmäßigen Betrieb im Donaumoos nicht brauchbar sind und höchstens für Pumpanlagen verwendet werden können. Die Beobachtungen werden übrigens fortgesetzt.

Die Kulturstationen Erdinger Moos und Weihenstephan haben wieder zahlreiche Anbau- und Düngungsversuche auf Acker-, Wiesen- und Gartenland ausgeführt, welche größtenteils frühere Versuche bestätigten. Bemerkenswert ist, daß auf beiden Stationen auch der Anbau von Korbweiden günstige Ergebnisse geliefert hat.

Schließlich weist der Referent auf ein Ergebnis aus dem chemischen Laboratorium der Moorkulturanstalt hin, das in diesem Heft der „Mitteilungen der Moorkulturanstalt“ veröffentlicht ist. Man glaubt bekanntlich, daß an der Unfruchtbarkeit des rohen Moorbodens, namentlich des Hochmoors, freie Säuren (sogenannte Humussäuren) beteiligt seien, und daß es nötig sei, diese Säuren mit alkalischen Stoffen, wie gebranntem Kalk und Mergel, zu neutralisieren, wenn man mit Erfolg Kulturpflanzen anbauen will. Die Untersuchungen haben nun mit Sicherheit bewiesen, daß es derartige freie Humussäuren im Boden gar nicht gibt. Was man Humussäure genannt hat, sind konservierte Pflanzenstoffe welche die Fähigkeit haben, aus Metall-Salzen die Basen anzuziehen und einen kleinen Teil der damit verbundenen Säuren abzuscheiden, wodurch eine saure Reaktion entsteht, die aber nicht von der Humussäure, sondern von der abgeschiedenen Säure des Salzes herrührt. Diese Eigenschaft, Säure aus Salzen abzuspalten, kommt auch vielen anderen ganz neutralen sog. colloidalen Stoffen zu, selbst dem Filtrierpapier, und wahrscheinlich ist das, was man als freie Humussäure ansah, nichts anderes als Cellulose oder ein indifferenten Eiweißkörper. Hierdurch erklärt sich nun auch in der einfachsten Weise, warum bei der Kultur unserer Hochmoore die Zufuhr großer Mengen alkalischer Substanzen ganz unnötig ist und warum bei Bernau

und auf anderen bayerischen Hochmooren ohne jede Kalkung und Mergelung die höchsten Ernten an Kartoffeln erzielt werden können, nämlich pro Tagwerk bis zu 260 Zentner oder pro ha 800 Zentner. Die Theorie der Hochmoorkultur wird durch diese Tatsachen hoffentlich in ein anderes Fahrwasser geleitet werden.

In der hierauf von Seiner Exzellenz eröffneten Diskussion weist zunächst Freiherr von Pfetten auf die immer mehr zunehmende Verunkrautung der Moorwiesen durch Sauerampfer hin, welcher den Wiesenertrag erheblich beeinträchtigt; er glaube, hierin eine Folgeerscheinung der allzustarken Düngung mit Kainit zu erblicken, der den Sauerampferwuchs begünstige. Werde dem Kainit entsprechend Kali zugesetzt, so werde hiedurch die Verunkrautung mit Sauerampfer erheblich gemindert, wie dies Versuche in Karlshuld ergeben hätten. Die Frage der Kalkdüngung sei zur Zeit durch die Untersuchungen des Dr. Feilitzen sehr aktuell. Die Versuche des Professors Dr. v. Soxleth hätten gezeigt, daß die Torfasche im Donaumoos 50 % Kalk enthalte. Die Verwendung dieser Torfasche habe namentlich den Kleewuchs begünstigt. Was die Frage der Kälberaufzucht im Donaumoos betreffe, so bestehe im Hinblick auf die günstigen Resultate, welche mit den Kälbern der Allgäuer Rasse erzielt wurden, die Absicht, im Donaumoos eine Kälberweide einzurichten; der landwirtschaftliche Bezirksausschuß in Neuburg a. D. sei bereit, das Projekt zu unterstützen.

K. Assessor Mayer in Karlshuld bemerkt unter Hinweis auf seine Ausführungen im Jahresberichte 1908, daß langjährige Düngungsversuche auf Wiesen ergeben haben, daß jedesmal die Bestände auf ungedüngten oder nur mit einem Nährstoffe behandelten Parzellen in erster Linie Sauerampfer aufwiesen, während bei ausreichender Düngung mit Kali und Phosphorsäure der Sauerampfer verschwindet. Es scheine, daß der Sauerampfer sich mit zunehmender Verarmung des Bodens an Nährstoffen in vermehrter Weise einstellt, sodaß nicht die fortgesetzte Kainitdüngung das vermehrte Auftreten veranlasse, sondern dieses durch zu wenig Kalidüngung verursacht werde, wobei die Wiesen in zu geringer Ernährung stehen. Zur weiteren Aufklärung sind auf mehreren stark mit Sauerampfer besetzten Wiesen Düngungsversuche geplant, welche neben ungedüngten und mit einem Nährstoffe zu versendenden Parzellen auch Teilstücke mit starken Kali- und Phosphorsäuregaben erhalten, welche abwechselungsweise als dritten Nährstoff starke Kalkgaben erhalten, um auch dessen Einfluß zu konstatieren. In chemischer Hinsicht wäre die günstige Beeinflussung des Sauerampferwachstums dadurch zu erklären, daß der Kainit auf den Boden durch chemische Um-

setzungen entkalkend wirke. Diese Annahme sei jedoch bei dem Kalkreichtum des Donaumooses und bei der Verwendung von Phosphorsäuredüngemitteln, welche bis zu 50 % Kalk enthalten, kaum zutreffend. Mit der Kalkdüngung seien günstige Resultate nicht erzielt worden. Mehrjährige Versuche haben ergeben, daß auf Böden, welche mit Nährstoffen angereichert waren, Kalk- und Gipsdüngung im ersten Jahre sehr wirksam waren, im zweiten Jahre habe sich ein Rückschritt gezeigt, im dritten Jahre war die Wirkung von Kalk und Gips sehr schlecht. Es scheine, daß der Kalk im ersten Jahre die im Boden vorhandenen Nährstoffe aufschließe; nach Verbrauch dieser Vorräte höre die gute Wirkung des Kalkes auf.

Die Weideresultate seien in Karlshuld sehr günstige gewesen; auffallend sei, daß die Kälber nach dreimonatigem Weidegang erst im Stalle erheblich an Gewicht zunahmen. Zur Hebung der Viehzucht sei sehr erwünscht, wenn im Donaumoos unter Beiziehung des Zuchtinspektors in Donauwörth ein Weideplatz errichtet würde. Da eine Unterkunft der Kälber während der Nachtzeit fehle, bitte er, im Etat von 1910/11 eine Summe von 1500 *M* zur Errichtung einer Unterkunftsgelegenheit einzusetzen.

Die Versuche im Feilenmoos seien sehr günstig ausgefallen; die Düngung mit Chilisalpeter habe heuer bessere Erfolge ergeben; es seien 7 Tagwerk mit Haber und 4 Tagwerk Wiesen angebaut, welche eine sehr große Ernte versprechen. Erwünscht sei hier die Errichtung einer einfachen Scheune, für welche im Etat ein Betrag von 2000 *M* bereitgestellt werden wolle.

K. Hofrat Professor May glaubt, daß die Frage der Verunkrautung der Wiesen mit Sauerampfer noch nicht endgültig gelöst sei, daß vielmehr die Versuche noch einige Jahre fortgesetzt werden müssen. Bei den Versuchen spiele oft auch der Zufall eine große Rolle. Die Ursache der Sauerampferüberwucherung sei nicht selten auf die Verwendung von Heublumen als Material zur Wiesenverbesserung zurückzuführen.

Professor Dr. Hiltner bemerkt, daß zahlreiche Versuche mit Kalksalpeter auf mineralischem Boden ebenso günstige Resultate ergeben hätten, wie mit Chilisalpeter.

In der Frage der Verunkrautung mit Sauerampfer teile er die Ansicht des Herrn Assessor Mayer. Auf mineralischen Böden trete der Sauerampfer in größeren Mengen nur da auf, wo eine richtige Düngung fehle. Am besten werde der Sauerampfer, der eine Kalkbedürftigkeit des Bodens anzeige, durch richtige, nicht einseitige Düngung beseitigt.

K. Assessor Mayer in Karlshuld schlägt zur Bekämpfung des

Sauerampfer eine nicht zu späte Mahd vor, da sonst der Samen des Sauerampfers bereits ausgefallen sei und den Nachwuchs fördere; die intensivste Bekämpfung erfolge durch Umbrechung der Wiese und künstliche Besamung. Auf künstlichen Wiesen fehle der Sauerampfer fast vollständig.

Bezüglich der Frage der Kälberweide im Donaumoos regen Seine Exzellenz Verhandlungen mit dem Zuchtverband und den landwirtschaftlichen Bezirksausschüssen an.

Reichsrat Graf von und zu Sandizell schlägt die Ausdehnung der Weide auf die Bezirke mehrerer Bezirksamter vor.

K. Universitätsprofessor Dr. Ramann weist auf die große Bedeutung hin, welche die Entdeckung des Professor Dr. Baumann von der Nichtexistenz der Humussäure auf Theorie und Praxis üben werde.

4. Arbeitsprogramm für das Jahr 1909.

Referent Direktor Dr. Baumann führt hiezu aus: Für das laufende Jahr sind wieder eine größere Anzahl von Voruntersuchungen auszuführen, teils für Moorkultur, teils für Torfverwertung, so in Oberbayern in den Gemeinden Kirchensur und Schnaitsee bei Wasserburg, verschiedene Moorgründe im Dachauer Moos bei Olching, das Gaymoos der Gemeinde Gumattenkirchen, das vom Kulturbauamt Mühldorf zu entwässern ist, Moorgründe im Hochmoor bei Raubling. In Niederbayern soll mit der Untersuchung des westlichen Teiles des Isarmooses fortgefahren werden.

In der Oberpfalz sind Neukulturen angemeldet in den Gemeinden Waidhaus und Waldthurn, Bez.-Amts Vohenstrauß, in Frauenricht und Püchersreuth, Bez.-Amts Neustadt a. W. N., in Schönsee und Dietersdorf, Bez.-Amts Oberviechtach, ferner in den Vilsmooren in den Gemeinden Vilseck, Langenbruck, Freyung, Gressenwöhr und Seugast, in Latsch bei Weiden und in Neusorg, Gem. Schwarzenreuth, Bez.-Amts Kemnath.

In Oberfranken kommen neue größere Kulturen in Betracht in der Gemeinde Schönwind, Bez.-Amt Hof, mit 50 ha und in Helmbrechts im Bez.-Amt Münchberg mit 65 ha.

In Unterfranken sind Moorkulturen in den Gemeinden Oberspießheim und Herlheim angeregt worden.

In Schwaben ist ein großes Moor zu untersuchen, das Hausener Moor, in dessen Besitz sich die Gemeinden Hausen, Mattsies, Tussenhausen und Zaisertshofen, Bez.-Amts Mindelheim, teilen, ferner sind vom Kulturbauamt Kaufbeuren 90 ha Moor in den Gemeinden Rückholz, Bez.-Amts Füssen, und Lengenwang zur Untersuchung

angemeldet. Wenn noch Zeit übrig bleibt, soll mit der systematischen Untersuchung der Moore im Allgäu bei Füssen fortgefahren werden.

Fortgesetzt werden auch die verschiedenen Entwässerungs-, Bodenbearbeitungs-, Düngungs- und Anbau-Versuche an den verschiedenen Kulturstationen.

Die größeren Moorkulturunternehmungen für Private und Staat in den Chiemseemooren, in der Riederfilz, bei Karolinenfeld werden weiter geführt. In den Mooren bei Inzell wird eine größere Kulturanlage noch in diesem Jahr gegen Ersatz aller Barauslagen mit Polen in Angriff genommen.

Zahlreiche Demonstrations- und Beispielsversuche sind in der Oberpfalz, in Oberfranken und Niederbayern teils ausgeführt, teils in Ausführung begriffen. In der Oberpfalz bestehen solche Kulturen in 14 Gemeinden, in Oberfranken in 5 Gemeinden, im Isarmos gleichfalls in 14 Gemeinden. In Summa sind in der Oberpfalz 140 ha zur Kultur angemeldet, in Oberfranken 150 ha und im Isarmos 17 ha, in Summa in Nordbayern allein einschließlich des Isarmoses 307 ha.

Seine Exzellenz stellen fest, daß die Erschienenen mit dem Arbeitsprogramm einverstanden sind.

5. Etat der Moorkulturanstalt für das Jahr 1909.

Referent K. Oberregierungsrat Edler von Braun erläutert den Voranschlag an der Hand der nachstehenden Aufstellung und führt folgendes aus:

Die Inanspruchnahme der Moorkulturanstalt ist erfreulicherweise in stetiger Zunahme begriffen. Durch das Entgegenkommen der Justizverwaltung, welche sich bereit erklärt hat, eine Gefangenenanstalt für 150 Gefangene im Moore bei Bernau zu errichten, wodurch vom Jahre 1911 an 100 Gefangene mehr zur Ausführung von Moorkulturarbeiten zur Verfügung stehen werden, kann diesen Ansprüchen genügt werden. Die vermehrte Tätigkeit erfordert aber auch eine Erhöhung der Mittel für persönliche und sächliche Ausgaben. In ersterer Beziehung ist eine Vermehrung des ständigen Personales der Moorkulturanstalt erforderlich, und zwar:

1. durch Aufstellung eines neuen Assessors und eines neuen Assistenten. Diese neuen Beamten sind erforderlich zur Leitung und Beaufsichtigung der Neukulturen in der Oberpfalz und in Niederbayern bzw. zur Ausführung der vermehrt anfallenden chemischen Analysen.

2. Durch Aufstellung von 5 neuen Kulturaufsehern in etatsmäßiger Weise. Von diesen sind 4 bisher schon als Kulturaufseher

beschäftigt gewesen und aus der Position „Tagelöhne“ bezahlt worden. Da diesen Personen aber eine große Verantwortung obliegt, insbesondere auch Vereinnahmung und Auszahlung von Geld, und da sie teilweise auch als Gefangenenaufseher verpflichtet werden müssen, erscheint ihre Aufstellung in etatsmäßiger Weise erforderlich. Kulturaufseher sind neu benötigt: 1. für die Moorkulturstation Karlshuld, 2. für die Moorkulturstation Bernau, 3. für die Kulturen im Kolbermoorfiltz, 4. für die Privatkulturen im Riederfiltz bei Wasserburg, dann bei Egerndach, Grassau und Inzell, 5. für die Kulturen im Dachauer Moos.

3. Durch etatsmäßige Anstellung eines Laboratoriumdieners. Der jetzige Diener steht schon seit Anfang 1905 in Verwendung und wird aus den Tagelöhnen bezahlt. Da ihm die Konservierung der wertvollen physikalischen und chemischen Apparate und die Beihilfe bei Ausführung chemischer Untersuchungen übertragen ist, erscheint die Schaffung einer etatsmäßigen Stellung, wie sie auch bei anderen chemischen Laboratorien besteht, geboten. Der tatsächliche Mehraufwand beträgt nur 181 *M.*

4. Die Vermehrung des Personales und die vermehrte auswärtige Tätigkeit erfordert auch einen erhöhten Bedarf an Tagegeldern und Reisekosten, welche künftig nicht mehr in Form von Aversen, sondern auf besondere Liquidation zu gewähren sind.

5. Nach den Vorschriften haben die Aspiranten des kulturel-technischen Dienstes 3 Monate bei der Moorkulturanstalt zu praktizieren. Da diese Praktikanten zu ihrer Ausbildung vielfach auswärts verwendet werden müssen, wofür ihnen bei auswärtigen Geschäften ein Taggeld von 4 *M.* und ein Übernachtungsgeld von 2 *M.*, sowie Ersatz der Reisekosten zusteht, sind hiefür Mittel vorzusehen. In Betracht kommen jedes Jahr durchschnittlich 10 Praktikanten.

Die sächlichen Ausgaben müssen eine Erhöhung erfahren:

1. bezüglich der Bureau- und Laboratoriumsbedürfnisse, sowie der Geräte infolge der Vermehrung der Beamten und der Arbeiten;

2. bezüglich der Tagelöhne wegen der vermehrten Beschäftigung von Gefangenen;

3. bezüglich der Ausgaben für Fuhrwerk infolge der Notwendigkeit der Beschaffung zweier neuer Gespanne für die Oberpfalz und für das Dachauermoos;

4. bezüglich der Beschaffung von Dünger und Samen infolge der vermehrten Inangriffnahme von Kulturen;

5. bezüglich der Ausgaben für Bauten, Viehbeschaffung usw. aus dem gleichen Grunde.

Andererseits erhöhen sich durch die vermehrte Tätigkeit auch die Einnahmen aus dem Erlös für Dünger- und Samenvermittlung, dann für Ernteerzeugnisse und für Kulturunternehmungen.

Hienach gestaltet sich der Etat in folgender Weise:

	Betrag M	Betrag M
I. Persönliche Ausgaben.		
1. Etatmäßige Beamte.		
a. Direktor	7 000.—	
b. 6 Assessoren	19 000.—	
c. 1 Sekretär	2 562,50	
d. 2 Kulturbauführer	4 200.—	
e. 1 Obergärtner	2 070.—	
f. 1 Kanzleiassistent	1 386,25	
g. 1 Diener	1 500.—	
h. 6 Kulturaufseher	9 016,70	
Summe 1: Etatmäßige Beamte		46 735,45
2. Außeretatmäßige Beamte.		
2 Assistenten	4 440.—	
Summe 2: Außeretatmäß. Beamte		4 440.—
3. Kosten für Stellvertretung, Geschäftsaushilfe und besondere Leistungen.		
Gärtner	1 440.—	
Kanzleiassistentin	1 020.—	
Summe 3		2 460.—
4. Taggelder und Reisekosten		15 000.—
5. Praktikanten des Kulturtechnischen Dienstes		3 000.—
Summe Persönliche Ausgaben		71 635,45
Budgetbetrag 1908/1909		47 800.—
Mehr		23 835,45
II. Sächliche Ausgaben.		
1. Kostenlose Voruntersuchungen für Moorkulturen und kostenlose Ausarbeitung von Projekten	10 000.—	
2. Beihilfe und Belehrung bei Durchführung von Moor- kulturen, Beispielsversuche, Moorkurse	9 000.—	
3. Vermittlung von Dünger und Samen	35 000.—	
4. Ausführung von Moorkulturen für Staat und Private		
a) Urbarmachungsarbeiten	36 000.—	
b) Bewirtschaftung	36 000.—	
5. Wissenschaftliche Versuche	10 000.—	
6. Bureaubedürfnisse, Bibliothek, Druckschriften	9 000.—	
7. Bauten, Wasserleitung, Viehbeschaffung u. dergl.	25 000.—	
8. Reserve	8 000.—	
Summe Sächliche Ausgaben		178 000.—
		178 000.—

Einnahmen.

1. Beitrag des Donaumooskulturfonds und Verschiedenes	2 000.— M
2. Erlös für Dünger und Samenvermittlung	35 000.— M
3. „ „ Ernteerzeugnisse auf den Versuchs- und Kulturfeldern der Anstalt	38 000.— M
4. „ „ Kulturunternehmungen, die gegen Ersatz der Barauslagen ausgeführt werden	25 000.— M
5. Zuschüsse von Kreisen und Distrikten	2 000.— M
Summe der Einnahmen	102 000.— M
Budgetbetrag 1908/1909	56 000.— M
Sohin mehr	46 000.— M

Zusammenstellung.

I. Persönliche Ausgaben	71 635,45 M
II. Sächliche Ausgaben	178 000.— M
Summe der Ausgaben	249 635,45 M

A b g l e i c h u n g.

Summe der Ausgaben	249 635,45 M
„ „ Einnahmen	102 000.— M
Restbetrag	147 635,45 M
Budgetbetrag 1908/1909	121 500.— M
Sohin mehr	26 135,45 M

Der sächliche Etat ist im Vorstehenden nach den Vorschlägen aufgestellt, die im vorigen Jahr von dem Vorstand der Moorkulturanstalt gemacht und von dem Beirat derselben gebilligt wurden. Um einen Vergleich mit den Ausgaben der früheren Jahre zu ermöglichen, sei hier noch nach der früheren Etatsaufstellung der sächliche Ausgabeetat der Moorkulturanstalt für 1908—1911 zusammengestellt.

Gegenüberstellung nach der bisherigen Etatsaufstellung	Voranschlag 1910/1911	Budgetbetrag 1908/1909	Sohin mehr für 1910/1911
1. Bureaubedürfnisse, Laboratorium, Bibliothek, Bodenkarten u. Druckschriften, neue Geräte	16 000.—	13 000.—	3 000.—
2. Tagelöhne für Arbeiter und Gefangene	45 000.—	39 200.—	5 800.—
3. Fuhrwerk und Feldbahn	10 000.—	6 000.—	4 000.—
4. Dünger und Samen	60 000.—	28 000.—	32 000.—
5. Unterstützung privater Moorkulturen	7 000.—	7 000.—	—
6. Versuchsfelder	7 000.—	7 000.—	—
7. Bauten, Wasserleitung, Viehbeschaffung u. dergl.	25 000.—	23 500.—	1 500.—
8. Reserve	8 000.—	6 000.—	2 000.—
Sohin	178 000.—	129 700.—	48 300.—

Seine Exzellenz stellen die Zustimmung des Beirates zu dem vorgelegten Voranschlage fest.

6. Errichtung einer Kulturstation im Dachauer Moos.

Referent Direktor Dr. Baumann bemerkt hiezu folgendes: Schon in der vorjährigen Sitzung der Moorkulturkommission ist die Notwendigkeit hervorgehoben worden, eine ständige Kulturstation im Dachauer Moos zu gründen, um die dortigen wertvollen Niederungs- und Übergangsmoore rascher in Kultur zu bringen. Bekanntlich erfordert aber eine eigene Station nicht unerhebliche einmalige Kosten, die bei dem raschen Anwachsen aller Arbeiten der Moorkulturanstalt nur schwer aufzubringen wären. Es muß deshalb als ein glücklicher Zufall bezeichnet werden, daß Herr Architekt Exter in Neupasing, der eine größere Moorfläche im Dachauer Moos besitzt, der Moorkulturanstalt eine Gelegenheit bietet, hier auf längere Zeit ihre Tätigkeit zu entfalten. Natürlich handelt Herr Exter im eigenen Interesse. Er wünscht, daß seine Moorgründe innerhalb einer bestimmten Frist ihm fertig kultiviert übergeben werden. Aber die Frist ist auf 10 Jahre bemessen und innerhalb dieser Zeit kann die Moorkulturanstalt nicht allein die Moore kultivieren, sondern sie kann durch Bewirtschaftung der Exter'schen Gründe mindestens so viel erübrigen, daß alle Kulturkosten bis auf die Entwässerungskosten völlig gedeckt werden. Herr Exter er bietet sich, die nötigen Gebäulichkeiten herzustellen und würde diese Gebäude zu einem Preis vermieten, der 5 % des Gebäudewertes beträgt. Die Kosten der Gebäude sind auf ca. 15 000 \mathcal{M} veranschlagt, so daß die jährliche Miete 750 \mathcal{M} betragen würde. Außerdem verlangt Herr Exter von dem Zeitpunkt an, an welchem die Kulturkosten für die einzelnen Grundstücke gedeckt sind, einen mäßigen Pachtzins, nämlich pro Tagwerk 15 \mathcal{M} . Dieser Pachtzins tritt erst vom Jahr 1914 an in Kraft und beträgt nach dem Kulturplan im Jahre 1914 für 7,8 ha 351 \mathcal{M} , steigt dann in den Jahren 1915—1918 auf jährlich 967 \mathcal{M} und nur im letzten Jahre 1918, in welchem von der Moorkulturanstalt bereits 31,5 ha fertig kultivierte Grundstücke bewirtschaftet werden, ist der Pachtzins auf 1417 \mathcal{M} 50 \mathcal{S} angewachsen. Dieser Pachtzins läßt sich leicht aus dem Erlös der Ernte erübrigen.

Am 1. Oktober dieses Jahres würde der Pachtvertrag in Kraft treten, am 1. Oktober 1919 erlöschen. Es sei beabsichtigt, noch in diesem Jahr mit den Umbruchsarbeiten zu beginnen, damit im nächsten Jahr aus den Ernteprodukten Einnahmen fließen, die zur Fortsetzung der Kulturarbeiten notwendig sind. Sollten zu den Arbeiten des heurigen Jahres die Mittel der Anstalt nicht reichen, so wird sie Herr Architekt Exter gegen 4 % Verzinsung vorschießen. Vorausichtlich ist diese Beihilfe aber nicht nötig. Für das nächste Jahr sind die nötigen Mittel in den Etat eingestellt.

Die Pläne für die nötigen Wohn- und Wirtschaftsgebäude hätte die landwirtschaftliche Baustelle des bayerischen Landwirtschaftsrates gemeinschaftlich mit der Moorkulturanstalt bis 1. Oktober d. J. anzufertigen und bis 1. August nächsten Jahres würden die Bauten von der Moorkulturanstalt bezogen.

Die Betriebskosten der neuen Station sollen dadurch gedeckt werden, daß die Moorkulturstation im Erdinger Moos aufgelassen wird. Im Erdinger Moos hat die Moorkulturanstalt nun 10 Jahre gearbeitet und die Bedingungen ermittelt, unter denen der dortige abgetorfte Boden in Kultur gesetzt werden kann. Es wurden auch sehr zahlreiche Düngungs- und Anbauversuche gemacht, aus denen hervorgeht, welche Kulturpflanzen auf dem dortigen, teilweise mit Alm stark vermischten Boden angebaut werden können. Die Versuche wurden auch schon in die Praxis umgesetzt durch größere Kulturanlagen, die in der Pschorrschwaige und im Goldachhof unter Leitung der Anstalt ausgeführt wurden. Außerdem ist der Pachtvertrag mit der Stadt München, auf deren Grund und Boden diese Kulturstation sich befindet, abgelaufen, und es sollen nunmehr die Ergebnisse sämtlicher gärtnerischer-landwirtschaftlicher Versuche zusammengestellt und in den Mitteilungen der Moorkulturanstalt veröffentlicht werden. Selbstverständlich soll deswegen die Tätigkeit der Moorkulturanstalt im Erdinger Moos nicht unterbrochen werden. Nur die ständige Station soll jetzt in das Dachauer-Moos verlegt werden, was um so notwendiger ist, als die Moorkulturstation Weißenstephan ihre Tätigkeit vom nächsten Jahre an einstellen wird.

Die neue Moorkulturstation im Dachauer-Moos soll neben den landwirtschaftlichen Versuchen auch den Gartenbau betreiben. Der Gartenbau hat im Dachauer-Moos eine größere Zukunft als im Erdinger-Moos, weil die Moorgründe viel besser durch Bahn und Straßen mit München verbunden sind. Die Moorkulturstation wird direkt bei der Haltestelle Gröbenzell zwischen Lochhausen und Olching zu liegen kommen. Es ist zu hoffen, daß von dieser Station aus die sämtlichen Moorgründe der Umgegend in kurzer Zeit der Kultur erschlossen werden. Außer den Exter'schen Grundstücken sind bereits mehrere andere Plannummern in nächster Nähe bei Gröbenzell zur Kultur angemeldet. Herr Assessor Bader hat die Exter'schen Moorgründe genau untersucht und auf Grund der verschiedenen Bodenbeschaffenheit einen Kulturplan ausgearbeitet unter Feststellung des Arbeitsaufwandes für die einzelnen Jahre.

K. Assessor B a d e r führt als Korreferent aus: Vor der Erläuterung des eigentlichen Kulturplanes seien zunächst einige Worte über den Gang der Vorarbeiten und über die allgemeine Beschaffen-

heit der Grundstücke vorausgeschickt. Da ursprünglich geplant war, daß die Moorkulturstation den ganzen Exter'schen Grundbesitz bei Gröbenzell während einer 10jährigen Pachtdauer kultivieren und bewirtschaften soll, so wurde auch die etwa 85 ha große Gesamtfläche genau untersucht. Die größtenteils ausgetorften Grundstücke haben eine sehr ungleichmäßige Beschaffenheit und befinden sich zur Zeit in sehr verschiedenem Kulturzustande. Es erschien daher zur Aufstellung eines speziellen Kultur- und Wirtschaftsplanes zweckmäßig, die Flächen je nach ihrer Brauchbarkeit für die spätere Kultur in 5 Klassen zu ordnen. Zur Klasse I gehören bereits kultivierte, aber wieder vernachlässigte Grundstücke, die durch bessere Entwässerung, Pflege, Düngung und Einsaat in der Ertragsfähigkeit bedeutend gehoben werden können. Klasse II umfaßt die ganz ebenen Streuflächen, die durch Entwässerung, Umbruch, Düngung und Neuansaat zu kultivieren sind. Zur Klasse III zählen die etwas unebenen, teils ausgetorften, teils nicht ausgetorften und mit Sträuchern bewachsenen Streuflächen, zu deren Planierung 50—100 cbm Aushub bezw. Abtrag benötigt wird. Auf Klasse IV entfallen schlecht ausgetorfte, häufig mit Sträuchern bewachsene oder ohne Erfolg aufgeforstete Grundstücke, die nur durch Rodung, Entwässerung, Planierung (mit 150—250 cbm Aushub pro ha), Umbruch bezw. Umhacken, Düngung und Ansaat in gutes Kulturland umgewandelt werden können. Der Klasse V gehören die mit Erfolg aufgeforsteten, ferner die noch nicht ganz abgetorften und die ganz unwirtschaftlich ausgetorften Flächen an, zu deren Einebnung schon mehr als 300 cbm Aushub benötigt wird. Die Grundstücke der Klasse V wurden von Anfang nicht in den Kulturplan aufgenommen.

Für jede der Klassen I mit IV wurde ein besonderer Kostenvoranschlag ausgearbeitet und durch Berechnung der voraussichtlichen Rentabilität festgestellt, wieviel Jahre die Flächen bewirtschaftet werden müssen, bis mit den erzielten Reinerträgen die Kulturkosten gedeckt werden können. Hierbei hat sich herausgestellt, daß die Grundstücke der Klasse I 4, die der Klasse II 6, die der Klasse III 8 und die der Klasse IV 10 Anbaujahre benötigen.

Bei Aufstellung des die Grundstücke der Klasse I mit IV umfassenden Kultur- und Rentabilitätsplanes hat sich nun gezeigt, daß die aufzuwendenden Kulturkosten nicht mit den in 10 Pachtjahren herauszuwirtschaftenden Überschüssen getilgt werden können, selbst wenn die Kultur mit der größten betriebswirtschaftlich zulässigen Beschleunigung ausgeführt wird. Nachdem nun der Verpächter, Herr Exter, sich weigerte, zur Kultur einen unverzinslichen Barzuschuß zu leisten, im Gegenteil vom 4. bezw. 6. Wirt-

schaftsjahre ab für die Grundstücke der Klassen I und II Pachtzins verlangte, so wurde vereinbart, die östlich vom weißen Graben gelegenen Flächen (ca. 12 ha), die fast ausschließlich der Klasse IV angehörten, aus dem Projekt zu streichen. Somit schmolz die Gesamtkulturfläche auf 41 ha zusammen, wovon 7,8 ha auf Klasse I, 13,7 ha auf Klasse II, 15,7 ha auf Klasse III und 3,8 ha auf Klasse IV entfallen.

Die nunmehr für die Kultur in Betracht kommenden Grundstücke liegen größtenteils zwischen Ascherbach und Weißen-graben. Die nördlichen, meist abgetorfte Flächen haben gut zersetzten, reinen Humusboden von 60—100 cm Tiefe. Die an der Bahn gelegenen sind mehr oder weniger almhaltig und daher auch nicht abgetorft. Die Almhumusschichte hat eine Stärke von 100—160 cm; sie verflacht sich gegen Norden unter rascher Abnahme des Almgehaltes. Der Moorkulturanstalt stünden also abgetorfte Humusböden, nicht abgetorfte Humusböden und almhaltige Humusböden zur Verfügung, was bei der großen Verbreitung dieser Bodenarten im Dachauermoos von großer Wichtigkeit ist. Unter der Humusschichte lagert fast überall eine 20—50 cm starke, für Wasser schlecht durchlässige Tegelschichte (sandiger Ton) und erst dann kommt der aus kalkhaltig-sandigem Kies bestehende Untergrund. In die noch westlich vom Ascherbach gelegenen Flächen ragt eine aus humosem, schwach lehmigem Sand bestehende Mineralbodenzunge hinein.

Sämtliche Flächen, ausgenommen die der Klasse I, dienten bisher nur zur Streunutzung.

Zufahrtswege zu den Grundstücken bestehen bereits, doch sind sie stark zerfahren und bedürfen einer gründlichen Verbesserung. Um eine kürzere Verbindung der nördlichen Flächen mit dem Hofe zu erreichen, muß eine ca. 400 m lange Fahrt neu angelegt werden.

Die zum Teil regellos von verwachsenen Gräben durchfurchten Grundstücke bedürfen alle einer systematischen Entwässerung. Zu diesem Zwecke wurde vom K. Kulturbauamt München ein Entwässerungsplan ausgearbeitet. Als Vorfluter dienen der erst im Kulturgebiet entspringende Weiße Graben und der Ascherbach. Beide bedürfen einer Tieferlegung ihrer Sohle; der Ascherbach muß gleichzeitig geradegeführt werden, was ziemlich Geldmittel beansprucht. Die Detailentwässerung erfolgt nur durch offene Gräben, bei deren Anlage im Interesse des Kostenpunktes nach Möglichkeit auf die bereits bestehenden Gräben Rücksicht genommen werden mußte. Die Entfernung der Gräben schwankt zwischen 50 und 75 m; sämtliche Gräben erhalten 1½malige Böschung.

Was die Ausführung der Kultur betrifft, liegt es sowohl im

eigenen, wie im Interesse des Verpächters, mit den Arbeiten möglichst rasch fortzuschreiten. Eine rasche Kultivierung beansprucht aber in den ersten Jahren viel Kapital und Arbeitskräfte. Da in den ersten Kulturjahren infolge der geringen Auswahl an passenden Anbaufrüchten die Bestellungs- und Erntearbeiten meist auf den gleichen Zeitpunkt fallen, ist man gezwungen, eine größere Anzahl Arbeiter und Gespanne zu halten, die in der Zwischenzeit oft nur schwer lohnend beschäftigt werden können. Arbeiter mit nicht allzu hohen Stundenlöhnen zeitweise anzuwerben, ist bei dem auch im Dachauermoos herrschenden Arbeitermangel nicht möglich. Es mußte daher der Kultur- und Bewirtschaftungsplan so eingerichtet werden, daß eine bestimmte Zahl Arbeiter den ganzen Sommer über Beschäftigung hat. Dies dürfte bei einer Verteilung der Kulturarbeit auf 3 Jahre noch möglich sein.

Die Kultur und der Betrieb, der als nutzviehlose Feldgraswirtschaft geplant ist, soll in folgender Weise zur Durchführung kommen:

Die Entwässerungsarbeiten werden unabhängig vom Betrieb durch einen Unternehmer ausgeführt (verakkordiert), und zwar so, daß in diesem Herbst noch das an den Weißen Graben anschließende Grabennetz fertig gestellt wird. Im Herbst nächsten Jahres wird dann die Ascherbachkorrektur und das diesen als Vorfluter benützendes Grabennetz ausgeführt. Die Planierungsarbeiten sollen von den im Betrieb beschäftigten Leuten in arbeitsruhigeren Zeiten bewältigt werden.

Für den nächstjährigen Anbau wären heuer noch etwa 14 ha umzubereiten, zu planieren und im nächsten Frühjahr zu tellern; davon werden 5 ha gleich zu Wiesen niedergelegt, 6 ha mit Getreide und $3\frac{1}{2}$ ha mit Kartoffeln und Kohl bebaut. Ferner sind im nächsten Frühjahr noch 7 ha vernachlässigtes Grasland scharf aufzueggen, zu düngen und darauf Grassamen einzusäen. Es sind demnach im 1. Anbaujahre 12 ha Wiesen, 6 ha Getreide und $3\frac{1}{2}$ ha Hackfrüchte zu ernten, in Summa $21\frac{1}{2}$ ha. Für das 2. Anbaujahr sind 10 ha von den Grundstücken der Klasse III durch Rodung, Planierung und Umbruch vorzubereiten, nebenher müssen die mit Getreide angebaut gewesenen Flächen umgeackert werden. Im Frühjahr 1911 ist somit eine Fläche von 19 ha mit der Telleregge zu befahren, was bedeutende Gespannarbeit erfordert. Die Gesamtanbaufläche des zweiten Jahres von 31,5 ha verteilt sich auf $19\frac{1}{2}$ ha Wiesen, 8 ha Getreide und 4 ha Hackfrucht. In der Zwischenzeit ist die Verbesserung der Wege und Einebnung der übrigen Flächen auszuführen. Das dritte Jahr stellt die höchsten Anforderungen in Bezug auf Arbeitsleistung.

Außer den neu zu kultivierenden 9,5 ha, von denen ein Teil wegen schlechter Beschaffenheit mit der Hand zu verhacken ist, müssen noch 12 ha der im 1. und 2. Kulturjahr stehenden Flächen umgeackert, getellert und angebaut werden. Von der 41 ha großen Gesamtfläche entfallen auf das Grasland 27,5 ha, auf Getreide 9 ha und auf Hackfrüchte 4,5 ha. Im 4. Jahre erhält der Betrieb die auch für die späteren Jahre gleichbleibende Einteilung und zwar 29 ha Wiese, 8 ha Getreide und 4 ha Hackfrucht.

Von diesem Zeitpunkt ab wird es dann auch möglich sein, mit den im Betrieb beschäftigten Arbeitern und Gespannen die Kultur solcher im südlichen Teil des Dachauermooses gelegener Moorflächen durchzuführen, deren Besitzer wegen mangelnder Kapitalkraft oder zu großer Entfernung nicht in der Lage sind, sie selbst zu meliorieren, die Bewirtschaftung als Wiese jedoch leicht durchzuführen vermögen. Eine intensivere Ausnützung dieser meist nur als Streuwiesen oder als einmähdige Futterwiesen benützten Flächen ist umso mehr geboten, als der größte Teil bereits mit Beiträgen zu Entwässerungsgenossenschaften und Feldbereinigungen belastet ist.

Die Ausführung derartiger Kulturen bei kapitalschwachen Grundbesitzern wäre sicherlich ein nachahmenswertes Beispiel zur Durchführung von Moorkulturen für kapitalkräftige Besitzer. Nur so wird es ermöglicht, das vor den Toren Münchens liegende, durch Eisenbahnen und Fahrstraßen erschlossene Dachauermoos in rascherem Tempo einer guten, gewinnbringenden Kultur zuzuführen.

Seine Exzellenz erheben gegen das geplante Unternehmen erhebliche Bedenken, da durch dieses ausschließlich die privaten Interessen des Herrn Architekten Exter gefördert und dazu der Moorkulturanstalt erhebliche finanzielle Leistungen auferlegt würden.

K. Hofrat Professor May bezeichnet es gleichfalls als auffallend, daß Herr Architekt Exter für die Kultivierung seiner Gründe noch einen Pachtzins verlange. Die Moorkulturanstalt solle sich auf keinen Fall auf die im Vertrage aufgeführten Pachtbedingungen einlassen.

K. Regierungsrat Ebersperger hält die Errichtung einer Moorkulturstation im Dachauer Moos für sehr begrüßenswert. Die Forderungen des Herrn Exter seien aber nicht annehmbar. Redner schlägt Unterhandlungen mit dem K. Remontedepot Fürstenfeldbruck vor, welches sehr geeignete Moorflächen bei Graßling besitze.

Direktor Dr. Baumann weist zunächst darauf hin, daß die Moorkulturanstalt bestrebt sei, mit möglichst wenig Barmitteln eine Kulturstation zu errichten. Im Dachauer Moos würden der Anstalt die Gebäude von Herrn Exter gegen mäßigen Mietzins zur Ver-

fügung gestellt; Pachtzins müßte erst vom Oktober 1914 an gezahlt werden. Herr Exter habe die Gründe sehr teuer gekauft und erleide selbst einen großen Vermögensentgang.

Ein zur Errichtung einer Moorkulturstation geeignetes Terrain befinde sich übrigens auch bei Schleißheim, dort seien forstärarische Gebäude vorhanden; die Forstverwaltung habe jedoch die Abtretung dieser Flächen, welche aufgeforstet werden sollen, abgelehnt. Die Überlassung dieser dem Staate gehörigen Flächen würde die beste Lösung der Frage bilden.

K. Ministerialdirektor von Braza bedauert, eine definitive Zusage nicht geben zu können, da er den hier in Betracht kommenden Fragen noch nicht näher getreten sei; er sichert jedoch das weiteste Entgegenkommen der Forstverwaltung zu.

Professor Dr. Hiltner regt an, bei Wiederaufgreifen des Schleißheimer Projektes auch dem bereits früher geäußerten Wunsche nach Errichtung einer Versuchswirtschaft der Agrikulturbotanischen Anstalt Rechnung zu tragen.

K. Ministerialdirektor von Braza versichert, auch diesem Wunsche nach Möglichkeit zu entsprechen.

Freiherr von Pfetten macht darauf aufmerksam, daß der Markt Dachau sehr ausgedehnte Moorgründe im Dachauer Moos besitze, für welche er bereits viel aufgewendet habe. Redner hält die Kultivierung dieser Gründe wegen der günstigen Lage geeigneter als das Schleißheimer Projekt.

K. Regierungsrat Ebersperger weist darauf hin, daß die Löwenbrauerei, welche zwischen Dachau und Schleißheim das Gut Grashof mit zahlreichen Moorgründen besitze, der Moorkulturanstalt in weitestem Maße entgegenkommen werde.

Seine Exzellenz betonen, daß die Frage der Errichtung einer Moorkulturstation im Dachauer Moos noch der Klärung bedürfe, und stellen das Einverständnis der Erschienenen mit der Zurückstellung der Sache fest.

Sodann schließen Seine Exzellenz mit dem Ausdrucke des Dankes an die Erschienenen mittags 12¹/₄ Uhr die Sitzung.

Für die Aufnahme der Niederschrift:

v. Freyberg,
Regierungsakzessist.

Untersuchungen über die Humussäuren.

II.

Die „freien Humussäuren“ des Hochmoores.

Ihre Natur,
ihre Beziehungen zu den Sphagnen und zur Pflanzenernährung.

Von **Anton Baumann** und **Eugen Gully**.

(Ref. A. Baumann.)

Inhalt.

	Seite
A. Sind die „freien Humussäuren“ identisch mit den „Sphagnumsäuren“?	
1. Verhalten des gelben Moostorfes und der Sphagnen gegen Tricalciumphosphat	33
2. Verhalten des Moostorfes und der Sphagnen gegen verschiedene Salze	43
B. Sind die Säureerscheinungen in Sphagnen und Moostorf auf Colloidwirkungen zurückzuführen?	
1. Unterschiede zwischen Säuren und Colloiden mit negativer elektrischer Ladung	54
2. Die elektrische Leitfähigkeit von Sphagnen und Moostorf	66
3. Salzbildung oder Absorption bei der „Neutralisierung“ der Sphagnen und des Moostorfes mit Basen	74
4. Die Abscheidung freier Säuren aus Salzen bezw. die Absorption von Basen aus Salzen durch Sphagnen und Moostorf	80
a) Absorption ein- und zweiwertiger Basen aus Chloriden	82
b) Absorption ein- und zweiwertiger Basen aus Acetaten	84
c) Über die Ursache der verschiedenen Absorption ein- und zweiwertiger Basen	86
d) Absorption dreiwertiger Basen durch Sphagnen und Moostorf	92
e) Abscheidung der Säuren durch Sphagnen und Moostorf aus verschiedenen Natriumsalzen	102
f) Darstellung der Säureabspaltung und Basenabsorption durch Sphagnen und Moostorf mittels Absorptionskurve und Absorptionsformel, die Bestimmung der Absorptionsgröße	105
5. Die Loslösung absorbierter Basen aus Sphagnum und Moostorf mittels Wasser, Wiederherstellung des ursprünglichen „Säuregrades“ nach der „Neutralisierung“ von Sphagnen und Moostorf (Reversibilität der Absorption)	118
6. Über Hysteresis und andere Colloiderscheinungen bei Sphagnen und Moostorf	124
C. Welche Substanz bewirkt die Absorption bezw. die „Säureerscheinungen“ in Sphagnen und Moostorf? Bedeutung des Absorptionsvermögens für die Ernährung der Sphagnen	133
Rückblick und Folgerungen	139

Die in der „Geschichte der Humussäuren“ besprochenen Untersuchungen haben mit Sicherheit erwiesen, daß die Substanzen, die man Humussäuren genannt hat, in ihrer chemischen Zusammensetzung und in ihrem chemischen Verhalten sehr von einander abweichen. Ja verschiedene Beobachtungen und besonders die Arbeiten van Bemmelen's lassen es zweifelhaft erscheinen, ob es überhaupt Substanzen gibt, die man mit dem Namen „Humussäuren“ bezeichnen darf. Gibt es aber Humussäuren, so müssen die im Sphagnumtorf vorkommenden anderer Natur sein als die im Haidetorf, und „Humussäuren“ der verschiedensten Art müßte man im Niedermoor und Hochmoor, im humosen Wald- und Wiesenboden annehmen. Auch im Ortstein, also im mineralischen Boden, müßten wieder andere Humussäuren vorhanden sein, wie im reinen Humus- und Moorboden (s. Gesch. d. Humuss. S. 67, 73, 89, 90). Soll darum jemals Klarheit in die Humussäurefrage kommen, so muß man die Humussäuren ihrer Entstehung nach verfolgen und vor allem untersuchen, ob gewisse Humussäuren nicht auf Säuren zurückzuführen sind, die bereits in den lebenden Pflanzen enthalten sind. Jedenfalls müßte man auch hier individualisieren und Humussäuren aus Hochmoor und Niedermoorpflanzen, aus Wald- und Wiesenpflanzen etc. unterscheiden lernen.

Wir wollen zunächst den „freien Humussäuren“ des Hochmoores unsere Aufmerksamkeit zuwenden, weil sie die wichtigste Rolle bei der Moorkultur spielen. Verlangt doch die landläufige Theorie der Hochmoorkultur heute noch, daß diese Säuren erst ganz oder teilweise neutralisiert werden müssen, wenn das Hochmoor zufriedenstellende Erträge landwirtschaftlicher Nutzpflanzen hervorbringen soll.

Die wichtigste Pflanze des Hochmoores ist bekanntlich das Torfmoss, *Sphagnum*. Aus den Resten dieser Pflanzengattung setzt sich fast ausschließlich der gelbe, jüngere Moostorf, die obere Schicht des Hochmoortorfes in Norddeutschland zusammen, und die Sphagnen sind darin oft so vorzüglich erhalten, daß man die einzelnen Pflanzenteile mit dem bloßen Auge noch erkennen, die einzelnen Arten mit dem Mikroskop noch bestimmen kann.

Nun zeigen schon die lebenden *Sphagnum*-Pflanzen des Hochmoores die Reaktionen freier Säuren: Blaues Lackmuspapier färbt sich beim Andrücken an ein feuchtes, lebendes *Sphagnum*pflänzchen lebhaft rot, und wäscht man eine größere Menge Pflanzen mit Wasser aus, so kann man auch im Filtrat eine Rotfärbung von blauem Lackmuspapier feststellen, genau wie beim Moostorf. Mit kohlensauren Salzen entwickelt sich langsam Kohlensäure und

auch titrimetrisch läßt sich die „Säure“ im Torfmoos und im Moostorf bestimmen, wenn man sehr verdünnte Natronlauge in ganz geringem Überschuß darauf einwirken läßt und die überschüssige Natronlauge zurücktitriert. Man findet dann im Torfmoos und Moostorf ungefähr die gleiche Menge Säure.

Diese Tatsachen weisen schon darauf hin, daß die sog. Humussäure des Moostorfes wahrscheinlich nichts anderes ist, als eine in den Hochmoor-Sphagnen ursprünglich vorhandene saure Substanz. Um Gewißheit über diese erste und wichtigste Frage zu erlangen, haben wir zahlreiche Versuche angestellt, die nachstehend beschrieben sind.

Leider ist es unmöglich, die Säuren aus Sphagnen oder Moostorf rein darzustellen und in ihren Eigenschaften zu vergleichen. Alle dahin zielenden Versuche, auch unsere zahlreichen Bemühungen nach dieser Richtung sind vergeblich gewesen. Man muß sich deshalb damit begnügen zu prüfen, ob die auffälligen und noch unerklärten Eigentümlichkeiten, die den Humussäuren des Moostorfes zugeschrieben werden, sich auch bei den Sphagnen wieder finden.

Als Untersuchungsmaterial dienten einerseits lebende oder getrocknete Sphagnumpflanzen aus dem Hochmoor bei Bernau am Chiemsee, andererseits gelber Moostorf (Streutorf) aus Triangel in Hannover, der von den anhängenden Wurzelscheiden des Wollgrases und den Resten der Scheuchzeria so gut als möglich gereinigt wurde. Wenn die sauren Substanzen dieser Präparate, die aus soweit von einander entfernten Orten stammten, übereinstimmende Eigenschaften besitzen, dann darf man wohl annehmen, daß die Säureerscheinungen im Moostorf ganz oder wenigstens teilweise auf die Säuren der Sphagnen zurückzuführen sind.

A. Sind die „freien Humussäuren“ identisch mit den „Sphagnumsäuren“.

1. Verhalten des gelben Moostorfes und der Hochmoorsphagnen gegen Tricalciumphosphat.

Schon Sprengel hat (1826) beobachtet, daß die aus Moostorf dargestellte „Humussäure“ Kalkphosphat zerlegen kann. Eichhorn (1875) und Fleischer (1883) haben diese Tatsache für den Moostorf selbst und für hochmoorartige Böden überhaupt bestätigt und die Erscheinung näher untersucht (s. Gesch. der Humussäuren S. 57, 86, 117).

Hierbei wurden folgende Eigentümlichkeiten beobachtet:

1. Die freien Humussäuren vermögen, obwohl in Wasser fast völlig unlöslich, doch das Kalkphosphat derart zu zersetzen, daß

lösliches Monocalciumphosphat ja selbst freie Phosphorsäure gebildet wird. Das ist eine höchst auffallende chemische Reaktion. Denn das Gesetz: *Corpora non agunt nisi soluta*, das gewöhnlich die chemischen Umsetzungen in Lösungen beherrscht, erscheint hier aufgehoben. Unlösliche Humussäure und unlösliches Kalkphosphat sollen unlösliches Kalkhumat und lösliches Monocalciumphosphat liefern.¹⁾

2. Nach *Fleischer* zeigt die freie Humussäure die weitere Eigentümlichkeit, daß ihre Säurewirkung nicht im richtigen Verhältnis zu ihrem Gewicht steht: Kleine Mengen freier Humussäure können aus derselben Menge Phosphat verhältnismäßig viel mehr Phosphorsäure auflösen als große. Wog man z. B. Hochmoorproben der gleichen Herkunft ab im Gewichtsverhältnis 1:2:3:4, so standen die gelösten Phosphorsäuremengen im Gewichtsverhältnis von 1:1,5:2:2,3. Auf 100 Teile Moostorf berechnet wurden in diesem speziellen Fall aus der gleichen Menge (15,7 g) Phosphorit

bei Anwendung von	25 g Moostorf	0,9825 g
" "	50 " "	0,7778 "
" "	75 " "	0,6429 "
" "	100 " "	0,5625 "

Phosphorsäure gelöst.

Fleischer erklärte die auffallende Erscheinung mit der Unlöslichkeit der aufeinander wirkenden Substanzen, der Humussäure und des Kalkphosphates: Man könne das Kalkphosphat niemals so innig mit den Bodenbestandteilen mengen, daß die Kalkphosphatteilchen mit allen Humussäureteilchen zusammentreffen. Stets bleibe ein Teil der Moorsubstanz unwirksam, und zwar umso mehr, je weiter das Verhältnis zwischen Moor und Phosphat sei — umso weniger, je mehr Phosphat auf eine gewisse Menge Moor komme. Deshalb sei anzunehmen, daß durch gleiche Mengen Torf umso mehr Phosphorsäure in Lösung gehe, je mehr Phosphat zu dem Versuch verwendet werde. Diese Vermutung schien sich durch

¹⁾ Diesen Vorgang könnte man als chemische Reaktion nur durch die Tatsache begreiflich machen, daß die Humussäure in sehr geringer Menge (ca. 5% der Gesamtmenge) in Wasser löslich ist und dann sehr geringe Mengen Kalkhumat aus dem Phosphat bilden kann. In demselben Maße als die Humussäure als Kalkhumat gefällt wird, wird wieder Humussäure löslich werden, bis allmählich alle Humussäure gelöst und in Kalkhumat übergeführt ist. Oder man muß annehmen, daß das Kalkphosphat in Wasser löslich ist und sich mit unlöslicher Humussäure allmählich zu Kalkphosphat umsetzt. Wir werden später sehen, daß die Reaktion tatsächlich auf der Zersetzlichkeit des Kalkphosphates in Wasser beruht.

einen Versuch zu bestätigen. Als Fleischer 25 g des gleichen Moostorfes auf 15, bezw. 7,85, 5,23 und 3,43 g Phosphorit aus Groß-Bülten einwirken ließ, wurden rund 0,96 bezw. 0,83, 0,72, 0,63 g Phosphorsäure gelöst.¹⁾

Trotzdem kann die Erklärung Fleischers nicht befriedigen. Ist es von vorneherein schon schwer begreiflich, wie zwei unlösliche Substanzen ein lösliches Produkt liefern können, so findet sich ein ähnlicher Vorgang, wie die verschiedene Löslichkeit verschiedener Phosphatmengen in ein und derselben Menge Säure, bei anderen echten Säuren nirgends wieder.

Wir werden auch bald sehen, daß die Erklärung Fleischers nicht zutrifft. Vorerst ist jedoch zu untersuchen, ob die Sphagnen die gleichen merkwürdigen Eigenschaften besitzen, nämlich ob sie — obwohl in Wasser unlöslich — gleichfalls die Phosphate zerlegen können und ob sie auch, in kleineren Gewichtsmengen angewandt, ein größeres Aufschließungsvermögen besitzen.

Bei früheren Untersuchungen scheint man von der Ansicht ausgegangen zu sein, daß die Humussäure das Kalkphosphat nur allmählich angreift und zu seiner Zersetzung einen längeren Zeitraum benötigt. Sowohl Fleischer (1883) als Tacke und Minszen (1898) ließen Phosphat und Moostorf in der Regel drei Tage auf einander wirken, bevor sie die gelöste Phosphorsäure bestimmten. Man kann sich jedoch durch Vermischen von Moostorf mit Kalkphosphat und Wasser und Prüfung des Filtrats mit Ammoniumnolybdat leicht überzeugen, daß schon eine halbe Stunde genügt zur Lösung erheblicher Mengen von Phosphorsäure. Jedenfalls ist nach drei Stunden die Reaktion so gut wie beendet.

Unsere qualitativen Vorversuche zeigten nun, daß lebende oder getrocknete Sphagnen die Phosphate mit derselben Leichtigkeit zersetzen wie der Moostorf von Triangel. Es besteht also nach dieser Richtung im Verhalten der Sphagnen und des Moostorfes kein Unterschied.

Die quantitativen Versuche wurden nicht nach der Methode von Fleischer ausgeführt, da wir sonst zu ähnlichen Ergebnissen hätten kommen müssen. Fleischer hatte Moostorf und Phosphat zu einem dicken Brei angerührt, das Gemenge nach dreitägigem Stehen auf ein Filter gebracht und hier so lange mit Wasser ausgewaschen, bis das Filtrat ein bestimmtes Volum erreicht hatte. Erst dann wurde in einem abgemessenen Teil des Filtrats die Phosphorsäure bestimmt.²⁾ Die Mängel dieser Methode hatte

¹⁾ Landw. Jahrb. 1883, XII, 164 u. ff.

²⁾ Näheres über die Methode s. Gesch. der Humuss., S. 118.

schon Fleischer erkannt; sie sind später von Tacke und Minssen wiederholt hervorgehoben worden.¹⁾ Sie beruhen hauptsächlich darin, daß beim Auswaschen mit Wasser nicht allein die gelöste Phosphorsäure entfernt wird, sondern daß sich hierbei aus dem Phosphat stets neue Phosphorsäure löst, so daß die schließlich in Lösung befindliche Phosphorsäure erheblich durch die Menge des Waschwassers beeinflußt ist. Auch die schwierige und langsame Filtration, sowie die Basicität (Gehalt an kohlensaurem Kalk) des Phosphates ist von großer Einwirkung. Man muß also das Auswaschen vermeiden. Das gelingt einfach dadurch, daß man Torf und Phosphat gleich von vorneherein mit einer hinreichenden, abgemessenen Menge Wassers versetzt, das Gemisch häufig umschüttelt und nach vollendeter Reaktion (3 Stunden) in einem abgemessenen Teil des Filtrates die Phosphorsäure bestimmt.

Um gleich zu einem sicheren Ergebnis zu gelangen, haben wir nicht mit der einfachen, doppelten und dreifachen Menge Torf und Sphagnen gearbeitet, sondern die Wirkung der einfachen Menge gleich mit den fünf- und zehnfachen Quantitäten verglichen, jedoch weniger Substanz verwendet als Fleischer, um an Material zu sparen. Die Versuche gestalteten sich demgemäß folgendermaßen:

A. Verschiedene Mengen von Sphagnen und Moostorf wirken auf die gleiche Menge Phosphat (2,183 g Tricalciumphosphat) bei gleichmäßiger Anfeuchtung (auf je 3 g Sphagnen 100 cc ausgek. Wasser).

Es wurden je 3 g, bzw. 15 und 30 g Sphagnen und Moostorf mit 2,183 g Tricalciumphosphat und mit 100 bzw. 500 und 1000 cc Wasser vermischt, drei Stunden unter öfterem Umschütteln digeriert, dann filtriert und in einem abgemessenen Teil des Filtrates die Phosphorsäure bestimmt. Da das gewöhnliche destillierte Wasser häufig erhebliche Mengen Kohlensäure enthält, die Kalkphosphat leicht löst, wurde bei diesen und allen späteren Versuchen stets ausgekochtes, destilliertes Wasser verwendet.

Auf 100 g Trockensubstanz der Sphagnen und des Torfes berechnet wurde Phosphorsäure gelöst bei Einwirkung von

3 g Sphagnen	1,823 g P_2O_5 ,	bei Einwirkung von	3 g Moostorf	2,212 g P_2O_5
15 " " "	1,823 " " " "	" "	15 " "	2,220 " "
30 " " "	1,844 " " " "	" "	30 " "	2,233 g "

Nach Fleischer soll Moostorf um so weniger Phosphorsäure lösen, in je größerer Menge man ihn auf eine bestimmte Menge

¹⁾ Tacke, Mitteilungen über die Arbeiten der Moorversuchstation Bremen. Landw. Jahrb. XXVII, 1898. Ergänzungsband IV, S. 394.

Phosphat einwirken läßt. Dieser Befund wird bei unserer Versuchsanstellung nicht bestätigt. Wie obige Zahlen beweisen, lösen verschiedene Gewichtsmengen Sphagnen oder Moostorf, auf das gleiche Gewicht Trockensubstanz berechnet, fast die gleichen Mengen Phosphorsäure auf. Ganz ebenso wie Moostorf verhalten sich die Sphagnumpflanzen. Nur hat der Moostorf etwas mehr Phosphorsäure gelöst, was damit zusammenhängt, daß er, wie später gezeigt wird, etwas mehr sog. „Humussäure“ enthält.

- B. Eine gleiche Menge von Sphagnen und von Moostorf (30 g) wirkt auf verschiedene Mengen von Phosphat ein bei gleicher Wassermenge (1000 cc).

Die Versuche wurden bei dreistündiger Einwirkungsdauer wie bei A ausgeführt. Auf 100 Teile Trockensubstanz gerechnet lösten 30 g Sphagnen aus 2,183 g Tricalciumphosphat 1,844 g P_2O_5 und 30 g Sphagnen aus 21,83 g (also aus der 10fachen Menge) 1,803 g P_2O_5 , 30 g Moostorf aus 2,183 g Tricalciumphosphat 2,233 g P_2O_5 und 30 g Moostorf aus 21,83 g Tricalciumphosphat 2,199 g P_2O_5 .

Nach Fleischer soll Moostorf aus Phosphaten um so mehr Phosphorsäure lösen, je mehr Phosphat auf dieselbe Menge Moostorf vorhanden ist. Obige Versuche können auch dies Ergebnis Fleischer's nicht bestätigen. Übereinstimmend bringen Sphagnen und Moostorf aus sehr verschiedenen Mengen Phosphat annähernd die gleiche Quantität Phosphorsäure in Lösung; keinesfalls wird aus größeren Mengen Phosphat mehr Phosphorsäure frei; eher weniger.

- C. Verschiedene Mengen Sphagnen und Moostorf wirken auf verschiedene Mengen Phosphat verschiedene Zeit (drei Stunden bezw. sechs Stunden) ein. Auf je 3 g der Moorsubstanzen 100 cc Wasser.

a) Sphagnen

				Auf 100 Teile Trockensubstanz gerechnet	
3 g lösten aus	2,183 g	Tricalciumphosphat in	3 Stunden	. .	1,823 g P_2O_5
3 - " -	2,183 "	-	6 "	. .	1,796 " "
15 - " -	2,183 "	"	3 "	. .	1,823 " "
15 - " -	10,915 "	"	6 "	. .	1,844 " "
30 - " -	21,83 "	"	3 "	. .	1,803 " "
30 - " -	21,83 "	"	6 "	. .	1,717 " "
30 - " -	2,183 "	"	3 "	. .	1,844 " "
				Mittel	. 1,807 g P_2O_5

b) Moostorf

				Auf 100 Teile Trocken- substanz gerechnet	
3 g Moostorf lösten aus	2,183 g	Tricalciumphosphat in 3 Stunden	2,212 g	P_2O_5	
3 " " " "	2,183 " "	" " " "	2,263 " "		
15 " " " "	2,183 " "	" " " "	2,220 " "		
15 " " " "	10,915 " "	" " " "	2,220 " "		
30 " " " "	2,183 " "	" " " "	2,233 " "		
30 " " " "	21,83 " "	" " " "	2,199 " "		
30 " " " "	21,83 " "	" " " "	2,139 " "		
Mittel .			2,212	" "	

In den beiden vorstehenden Tabellen sind die sämtlichen Phosphorsäure-Bestimmungen zusammengestellt, die über diesen Gegenstand zu gleicher Zeit ausgeführt worden sind. Sie zeigen, daß mit drei Stunden Einwirkungsdauer die Reaktion der Sphagnen und des Moostorfes gegenüber dem gefällteten Tricalciumphosphat völlig beendet ist und daß weder die Menge der Moos- oder Torfsubstanz noch die Menge des Phosphates den Vorgang beeinflußt — vorausgesetzt, daß das Wasser stets in gleichem Verhältnis zu den lösenden Substanzen zugesetzt wird.¹⁾

D. Einwirkung verschiedener Wassermengen bei der Aufschließung der Phosphate durch Sphagnen und Moostorf.

Es bleibt nur noch zu untersuchen, ob nicht vielleicht dem Wasser eine bestimmte Rolle bei der Lösung der Phosphate durch Sphagnen und Moostorf zufällt. Diese Untersuchung wurde in zweierlei Art durchgeführt.

Zunächst ließ man auf die gleiche Menge von Moorsubstanz und Phosphat verschiedene Mengen Wasser einwirken. 6 g Sphagnum bzw. Moostorf wurden mit 2,183 g Tricalciumphosphat drei Stunden digeriert unter Zusatz von 200 bzw. 600 und 1200 cc Wasser. Dabei gingen folgende Mengen Phosphorsäure in Lösung auf 100 Teile Trockensubstanz gerechnet:

	Durch Sphagnen	durch Moostorf
bei Anwesenheit von 200 cc Wasser	1,947 g	2,293 g
" " " 600 " "	2,324 "	2,223 "
" " " 1200 " "	2,305 "	2,601 "

Bei einem zweiten Versuch wurde die Wassermenge zwar nicht variiert, aber die Menge von Sphagnen und Moostorf. Man ließ

¹⁾ Bei sechsständiger Einwirkungsdauer wurde mehrmals weniger Phosphorsäure in der Lösung vorgefunden. Dies scheint darauf zu beruhen, daß sich gelöste Phosphorsäure bei längerem Stehen der Lösung wieder ausscheidet. Man bemerkte nämlich, namentlich bei den mit Sphagnen hergestellten Lösungen, daß sich die klaren Filtrate bei längerem Stehen trüben. Es entsteht allmählich ein Niederschlag, der Phosphorsäure enthält.

auf 2,183 g Phosphat 3 bezw. 6 und 15 g Sphagnen und Moostorf einwirken, vermehrte aber die Wassermenge nicht im Verhältnis, sondern verwendete bei allen Versuchen 600 cc. Man fand jetzt gelöste Phosphorsäure auf 100 Teile Trockensubstanz

	bei Sphagnen	bei Moostorf
bei 3 g Substanz	2,403 g	2,548 g
„ 6 „ „	2,324 „	2,223 „
„ 15 „ „	1,780 „	2,130 „

Wir kommen jetzt, besonders deutlich bei dem letzten Versuch, zu dem gleichen merkwürdigen Ergebnis wie Fleischer. Von größeren Mengen Sphagnen und Moostorf wird relativ weniger Phosphorsäure gelöst als von kleineren. Wir erkennen aber zugleich, daß die vermehrte Abspaltung der Phosphorsäure eine Funktion des Wassers ist. Je mehr Wasser auf eine bestimmte Menge Sphagnum und Moostorf trifft, umso mehr Phosphorsäure wird löslich. Wir haben hier das erste Anzeichen einer Colloidreaktion. Wäre im Sphagnum und Moostorf eine Säure von bestimmter Acidität vorhanden, so müßte sie auch bei Anwendung verschiedener Mengen Substanz, auf die gleiche Einheit gerechnet, die gleiche Wirkung ausüben. Handelt es sich aber um Colloide, so ist die Reaktion von der Oberflächenentwicklung der Colloidsubstanzen bedingt. Im Sphagnum und Moostorf sind nachweislich quellbare Substanzen, Colloide, anwesend, deren Oberfläche mit der Zunahme der Wasseraufnahme sich vergrößern muß. Es würde sich dadurch in einfacher Weise erklären, weshalb die Reaktionsfähigkeit zunimmt, wenn die Gelegenheit zur Aufnahme größerer Wassermengen geboten wird.

Ein Irrtum wäre es aber anzunehmen, daß das unlösliche Colloid auf das unlösliche Tricalciumphosphat einwirkt. Schon Fleischer hat gefunden, daß Tricalciumphosphat nicht unerheblich in Wasser löslich ist und Rindell hat gezeigt, daß es durch Wasser zersetzt wird, in freie Phosphorsäure und Calciumhydrat.¹⁾ Indem nun das Colloid das Calciumhydrat an sich zieht und unlöslich macht, kann das Wasser immer neue Mengen Tricalciumphosphat zerlegen, sodaß infolge fortdauernder entsprechender Absorption des Calciumhydrates durch die Colloide schließlich eine ansehnliche Menge Phosphorsäure in Lösung übergeht.

¹⁾ Rindell, A. Untersuchungen über die Löslichkeit einiger Kalkphosphate, Helsingfors 1899, 66, 72, 114. Das von Rindell untersuchte Tricalciumphosphat gab 132 mg P_2O_5 an 1 l Wasser ab.

Es: Verhalten des Kalkes bei der Zersetzung der Phosphate durch Sphagnen und Moostorf.

1. Bei gleicher Anfeuchtung (auf 3 g Sphagnen oder Moostorf je 100 cc Wasser).

Von großem Interesse ist es zu erfahren, wie sich der Kalk bei der Zersetzung des Tricalciumphosphates verhält. Festgestellt ist, daß mit der Phosphorsäure stets auch Kalk in Lösung geht. Nach der gewöhnlichen Annahme wird hierbei Monocalciumphosphat gebildet; doch ist zweifellos nachgewiesen, daß unter noch nicht bekannten Umständen mehr Phosphorsäure abgeschieden wird als im Monocalciumphosphat enthalten ist (s. Gesch. Humuss. S. 86). Wir haben bei unseren Versuchen gleichfalls zu ermitteln gesucht, wie viel Kalk im Verhältnis zu Phosphorsäure durch Sphagnen und Moostorf aufgelöst wird und sind hiebei zu folgenden Ergebnissen gekommen.

Es wurden zugleich mit der Phosphorsäure folgende Mengen Kalk gelöst:

a) durch Sphagnen

3 g lösten aus	2,183 g	Tricalciumphosphat in 3 Stunden	auf 100 Teile Trocken- substanz berechnet
3	"	6	0,369 g CaO
3	"	6	0,363 " "
15	"	3	0,402 " "
15	"	6	0,359 " "
30	"	3	0,377 " "
30	"	3	0,301 " "
30	"	6	0,349 " "
Mittel			0,360 g CaO

b) durch Moostorf

3 g lösten aus	2,183 g	Tricalciumphosphat in 3 Stunden	auf 100 Teile Trocken- substanz berechnet
3	"	6	0,636 g CaO
3	"	6	0,607 " "
15	"	3	0,715 " "
15	"	6	0,616 " "
30	"	3	0,636 " "
30	"	3	0,556 " "
30	"	6	0,606 " "
Mittel			0,624 g CaO

Diese Zahlen zeigen keine deutliche Übereinstimmung mit den Phosphorsäurezahlen; d. h. sie gehen nicht parallel mit den Phosphorsäurezahlen.¹⁾ Namentlich erscheint es auffallend, daß bei

¹⁾ Dieser Umstand ist vielleicht zum Teil auf die Kalkbestimmungs-Methode zurückzuführen. Der Kalk wurde aus den mit Essigsäure angesäuerten Phosphatlösungen mit Ammoniumoxalat gefällt, auf dem Filter ausgewaschen, dann wieder mit

Anwendung von 15 g Sphagnen und Moostorf am meisten Kalk gelöst wurde, während bei der Einwirkung von 30 g die geringsten Kalkmengen in Lösung gingen. Im Mittel hatten die Sphagnen neben 1,807 g P_2O_5 noch 0,360 g CaO gelöst. Wäre der Kalk als Monocalciumphosphat in Lösung gegangen, so hätte sich auf 0,360 g Kalk nur 0,911 g P_2O_5 lösen dürfen. Fast die doppelte Menge Phosphorsäure ist in Lösung gegangen. Es muß also freie Phosphorsäure gebildet worden sein.

Der Moostorf hatte im Mittel 2,212 g P_2O_5 neben 0,624 g CaO in Lösung gebracht. Wäre hier der Kalk als Monocalciumphosphat gelöst worden, so hätten sich nur 1,582 g P_2O_5 in der Lösung finden sollen. Auch hier hat sich demnach viel mehr Phosphorsäure gelöst als dem Monocalciumphosphat entspricht.

Auf 100 Teile Phosphorsäure treffen im Monocalciumphosphat 39,4 Teile Kalk, die Sphagnen haben auf 100 Teile Phosphorsäure 19,9 Teile Kalk, das Torfmoos aber 28,2 Teile Kalk in Lösung gebracht.

Die Sphagnen haben also verhältnismäßig mehr Phosphorsäure, aber weniger Kalk in Lösung gebracht wie der Moostorf. Wir werden später sehen, daß in diesem Verhalten kein prinzipieller Unterschied liegt. Denn die Sphagnen enthalten mehr Alkalien und es sind an Stelle des Kalkes Alkalien in Lösung gegangen. Zweifellos ist durch Sphagnen und Moostorf aber auch freie Phosphorsäure gebildet worden. Denn alle in Sphagnen und Moostorf vorhandenen Alkalien samt der Magnesia und den gelösten Kalkmengen besitzen zusammen nicht so viel Basicität, um mit der gelösten Phosphorsäure Monophosphate zu bilden.

2. Wirkung von Sphagnen und Moostorf auf die Löslichkeit des Kalkes im Kalkphosphat bei verschiedenen Wassermengen.

Bei den unter D S. 38, 39 aufgeführten Versuchen wurde nicht

verdünnter Schwefelsäure zersetzt. Die auf diese Weise in Freiheit gesetzte Oxalsäure wurde mit ca. $\frac{1}{10}$ Permanganatlösung titriert und aus der verbrauchten Menge Permanganat der Kalk berechnet. Bei der Behandlung von Sphagnen und Moostorf mit Wasser und Tricalciumphosphat geht nun stets etwas organische Substanz in Lösung und davon scheint ein geringer Teil auch bei der Fällung des Kalkes in das Oxalat überzugehen. Das muß dann beim Titrieren mit Permanganat zu Fehlern führen, die freilich nicht groß sein können. Bei spätern Bestimmungen wurde deshalb der oxalsäure Kalk durch Glühen in Ätzkalk übergeführt und seine Menge gewichtsanalytisch bestimmt. Die Analysen zeigten dann eine bessere Übereinstimmung.

allein die Phosphorsäure, sondern auch der Kalk bestimmt.¹⁾ Bei dem ersten Versuch mit verschiedenen Wassermengen sind auf 100 g Trockensubstanz bzw. Moostorf folgende Kalkmengen durch 6 g Sphagnen bzw. Moostorf gelöst worden.

		Durch Sphagnen	durch Moostorf
bei Anwesenheit von	200 cc Wasser	. 0,430 g	0,762 g
"	" " 600 " "	. 0,541 "	0,870 "
"	" " 1200 " "	. 0,621 "	0,910 "

Bei dem zweiten Versuch, bei dem verschiedene Mengen von Sphagnen und Moostorf bei gleicher Wassermenge auf das Phosphat einwirkten, betrug die in Lösung übergeführte Kalkmenge auf 100 Teile Trockensubstanz:

durch 3 g Sphagnen	0,588 g,	durch 3 g Moostorf	0,874 g
" 6 " "	0,541 "	" 6 " "	0,870 "
" 15 " "	0,408 "	" 15 " "	0,530 "

Bei allen diesen Versuchen wurde also regelmäßig umso mehr Kalk gelöst, je mehr Wasser auf eine bestimmte Menge Sphagnen oder Moostorf einwirken konnte. Dem Wasser muß demnach bei der Lösung des Kalkphosphates eine wichtige Rolle zufallen.

Berechnet man nun, wie viel Teile Kalk unter den verschiedenen Anfeuchtungsverhältnissen auf 100 Teile Phosphorsäure in Lösung gingen, so ergibt sich folgendes:

Bei Anwendung verschiedener Wassermengen wurden auf 100 Teile Phosphorsäure folgende Teile Kalk von gleichen Mengen Sphagnen und Moostorf (6 g) in Lösung gebracht

	durch Sphagnen	durch Moostorf
200 cc Wasser . .	22,1	33,2
600 " " . .	23,3	39,1 ²⁾
1200 " " . .	26,9	34,9

bei Anwendung verschiedener Mengen von Sphagnen und Moostorf

durch 3 g Sphagnen	24,5,	durch 3 g Moostorf	34,3
" 15 " "	22,9,	" 15 " "	25,0

Nach diesen Versuchen und nach den unter D aufgeführten ist also vom Kalk und von der Phosphorsäure umso mehr gelöst worden, je mehr Wasser den Sphagnen und dem Moostorf zur Verfügung stand. Aber Kalk und Phosphorsäure sind nicht im gleichen Verhältnis vermehrt worden, sondern vom Kalk ging bei größerer Wassermenge relativ mehr in Lösung als von der Phosphorsäure. Es hat

¹⁾ Hier stets gewichtsanalytisch.

²⁾ Nur in diesem einen Fall entspricht das Verhältnis der Phosphorsäure zum Kalk fast genau dem Monocalciumphosphat.

sich also bei stufenweiser Vermehrung des Wassers auf die gleiche Menge der Moorsubstanzen nicht ein Kalksalz von bestimmter Zusammensetzung gelöst. Daraus dürfte zu folgern sein, daß es sich bei der Einwirkung von Sphagnen und Moostorf auf Tricalciumphosphat um keine gewöhnliche chemische Reaktion handelt. Dieselbe Säure hätte wohl bei verschiedenen Wassermengen die gleichen Mengen Phosphat aufgelöst und zwar Kalk und Phosphorsäure im gleichen Verhältnis.

Im Mittel mußte sich bei diesen Versuchen, bei denen im Mittel größere Wassermengen verwendet wurden, auch eine ganz andere Verhältniszahl ergeben. Während bei den früheren Versuchen die Sphagnen auf 100 Teile Phosphorsäure im Mittel 19,9 Teile Kalk gelöst hatten, wurden jetzt im Mittel 23,94 Teile gefunden; in analoger Weise zeigte der Moostorf ein größeres Lösungsvermögen für den Kalk, es wurden jetzt auf 100 Teile Phosphorsäure im Mittel 33,3 Teile Kalk gelöst gegenüber 28,2 Teilen bei den früheren Versuchen.

Alle mit Tricalciumphosphat ausgeführten Versuche zeigen auch, daß es unmöglich ist, die Menge der durch Moostorf gelösten Phosphorsäure als Maß für die darin enthaltene „freie Humussäure“ zu benützen. Denn diese Menge wechselt außerordentlich nach den Versuchsbedingungen und ist ganz besonders von der Menge des zur Anfeuchtung benutzten Wassers abhängig. Die erste und wichtigste Anforderung der quantitativen Analyse, daß die Untersuchung verschiedener Mengen der gleichen Substanz das gleiche prozentische Ergebnis liefere, kann also nicht erfüllt werden.

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

Die merkwürdigste Eigenschaft der „freien Humussäuren“ und des Hochmoortorfes ist jedenfalls die Fähigkeit, neutralen Salzlösungen eine stark saure Reaktion zu erteilen. Eichhorn, Heß, Berthelot und André haben diese Erscheinung so gedeutet, daß aus den Salzlösungen die Säure abgespalten wird, während die Basis sich mit der Humussäure zu Humat verbindet. Dieser Ansicht stehen aber folgende Bedenken gegenüber: 1. Es schien von vorneherein unwahrscheinlich, daß eine schwache organische Säure aus Chloriden und Sulfaten die starke Salz- und Schwefelsäure frei machen kann; 2. es ist nicht gelungen, die freie Salz- oder Schwefel- oder Essigsäure, die bei Berührung des Moostorfes mit Lösungen der Chloride, Sulfate, Acetate entstanden sein soll, ein-

wandfrei nachzuweisen; 3. steht die Annahme im Widerspruch mit der leichten Löslichkeit der humussauren Alkalien. Wenn z. B. aus Chlornatrium mit Moostorf Salzsäure frei wird, so müßte sich doch leichtlösliches, humussaures Natrium bilden. Befindet sich das humussaure Natrium aber in der Lösung, so kann man nicht mit Sicherheit behaupten, daß ihre saure Reaktion von der Salzsäure herrührt; sie kann ebenso gut durch freie Humussäure verursacht sein. Ältere Autoren haben deshalb auch keine Abspaltung der Säuren aus den Salzen, sondern eine Lösung der Humussäure in den Salzlösungen angenommen. Besonders Hermann zählt die aus Torf gewonnene „Torfsäure“ oder „Torfsatzsäure“ zu den in essigsaurem Natron löslichen Humussäuren und benützt diese Eigenschaft sie darzustellen (Gesch. d. Humuss. S. 67, 110).

Auch wir haben uns anfangs aus den erwähnten Gründen der Anschauung angeschlossen, daß die Säure des Moostorfes in den Salzlösungen sich auflöst und sind darin bestärkt worden durch die Tatsache, daß mit der Konzentration der Salzlösung auch ihre Acidität zunimmt. In konzentrierter Salzlösung kann sich eben mehr Humussäure lösen als in verdünnter. Ja man kann anscheinend die ganze Menge Humussäure mit geeigneten Salzen dem Hochmoor entziehen. Wenn man konzentrierte Lösungen von essigsaurem Natrium auf Moostorf einwirken läßt und titriert die entstandene saure Acetatlösung, so findet man ebenso viel Säure, als wenn man den Moostorf mit einer geringen Menge Natronlauge im Überschuß versetzt und die überschüssige Natronlauge zurücktitriert. Man glaubt fast allgemein, daß die humussauren Alkalien leicht im Wasser löslich sind: deshalb mußte man auch annehmen, daß durch Natronlauge bzw. essigsaures Natrium die Humussäure in Lösung gegangen sei. Allein zahlreiche spätere Versuche haben gezeigt, daß wir uns im Irrtum befunden hatten. Die „Humussäure“ hatte sich nicht gelöst. Es gelang allen Anstrengungen zum Trotz, sie nicht aus den Salzlösungen abzuscheiden und später konnten wir mit Sicherheit nachweisen, daß die saure Substanz beim Behandeln mit Salzlösungen und auch mit verdünnten Alkalien im Moostorf verbleibt. Wir mußten also die merkwürdige Tatsache anerkennen, daß die unlösliche Säure des Moostorfes, wenn sie mit Salzlösungen der Alkalien oder mit den Alkalien selbst im geringen Überschuß behandelt wird, keine löslichen Natron- oder Kalisalze bildet, sondern sowohl aus den Salzen der Alkalien wie aus den freien Alkalien die Basis fortnimmt und unlöslich macht. Wir werden auf diese auffallende Erscheinung,

die sich bei keiner Säure wiederfindet, später näher eingehen. Zunächst ist es unsere Aufgabe, abermals zu untersuchen, ob die Sphagnen sich ebenso verhalten wie der Moostorf, ob auch die saure Substanz der Sphagnen starke Säuren aus Salzen abspalten kann und unlösliche Alkalisalze bildet.

Bei diesen Versuchen wurden je 3 g Sphagnen und Moostorf mit 300 cc Salzlösung drei Stunden unter öfterem Umschütteln in Berührung gelassen und im Filtrat die abgespaltene Säure mit $\frac{1}{4}$ bzw. $\frac{1}{10}$ Normalnatronlauge und Phenolphthalein titriert. Kontrollversuche ergaben, daß drei Stunden zur Beendigung der Reaktion genügen. Anfangs wurden die Versuche im Wasserstoffstrom durchgeführt, in der Annahme, daß humussaures Salz oder Humussäure in Lösung gehe, die nach allen vorliegenden Beobachtungen lebhaft Sauerstoff aus der Luft anziehen und durch Oxydation sich verändern konnte. Diese Vorsicht erwies sich jedoch als überflüssig. Als die Moorsubstanzen mit den Salzlösungen in kleinen, verschlossenen Erlenmeyer-Kolben mit Luft geschüttelt wurden, waren die Ergebnisse genau die gleichen, so daß die umständliche Arbeitsweise mit dem Wasserstoffstrom verlassen werden konnte. Lösungen, die gegen Phenolphthalein sauer oder alkalisch reagierten, wurden vorher mit einigen Tropfen freier Basis oder freier Säure des betreffenden Salzes neutralisiert. Wo dies nicht möglich ist, ohne das Salz zu zersetzen, wie bei Versuchen mit kohleensauren Salzen, muß der Wasserstoffstrom beibehalten werden.

Um die Wirkung der in den Sphagnen und im Torf enthaltenen sauren Substanz vergleichen zu können, wurde zunächst durch Titrieren mit Natronlauge der Säuregehalt bestimmt, indem 3 g. mit Wasser (ca. 250 cc) und einem sehr geringen Überschuß von Lauge versetzt und nach zweistündigem Digerieren mit Phenolphthalein und $\frac{1}{4}$ Normal-Schwefelsäure zurücktitriert wurde. Auf 100 g Trockensubstanz berechnet fand man eine Säuremenge, die in den Sphagnen 0,0943 g, im Moostorf 0,1093 g Säurewasserstoff entsprechen würde. (Nach Tackes Methode wurde etwas weniger gefunden, nämlich in den Sphagnen 0,0668 und im Moostorf 0,0853 Säurewasserstoff.)¹⁾

¹⁾ Die hier beschriebenen Versuche sind bereits im Winter 1907/8 ausgeführt worden. Damals war der „Säuregehalt“ zwischen Sphagnen und Moostorf wenig verschieden, wie namentlich die mit Natriumacetat und Natronlauge erhaltenen Zahlen zeigen. Als 1 Jahr später die oben besprochenen Versuche mit den Phosphaten aufgenommen wurden, hatte sich der „Säuregehalt“ der Sphagnen vermindert, während der im Torf konstant geblieben war. Über die Ursache dieser Erscheinung s. S. 124).

Die aus den Salzen abgespaltene Säuremenge wurde zunächst gleichfalls auf 100 % Trockensubstanz der Sphagnen und des Moostorfes berechnet. Außerdem wurden noch festgestellt, wie viel Säurewasserstoff frei wird im Vergleich zu dem gesamten in den Moorsubstanzen enthaltenen und mit Natronlauge bestimmten Säurewasserstoff. Dabei wurde die mit Natronlauge bestimmte Menge Säurewasserstoff = 100 gesetzt.

1. Aus einer 5 %igen Chlornatriumlösung wurde im Wasserstoffstrom Säurewasserstoff abgespalten (auf 100 g Trockensubstanz berechnet):

durch Sphagnen . . . 0,0122 g (= 0,445 g HCl)

„ Moostorf . . . 0,0119 „ (= 0,434 „ „)

Auf 100 Teile des titrimetrisch gefundenen Gesamtsäurewasserstoffs wurde abgespalten:

von Sphagnen . 13,40 Teile, von Moostorf . 12,50 Teile.

2. Aus einer 5 %igen Lösung von Kaliumsulfat wurde im Wasserstoffstrom Säurewasserstoff abgespalten (auf 100 g Trockensubstanz berechnet):

durch Sphagnen . . . 0,02074 g H = 1,0163 g SO_4H_2

„ Moostorf . . . 0,02356 „ „ = 1,1544 g „

Auf 100 Teile des in den Moorsubstanzen titrierten Gesamtsäurewasserstoffs wurde abgespalten:

von Sphagnen . 22,0 Teile, von Moostorf . 21,7 Teile.

3. Aus einer 10 %igen Chlorcalciumlösung wurde im Wasserstoffstrom Säurewasserstoff abgespalten (auf 100 g Trockensubstanz berechnet):

durch Sphagnen 0,01447 g H = 0,5281 g HCl

„ Moostorf 0,01625 „ „ = 0,5931 „ „

Auf 100 Teile des in den der Moorsubstanzen titrierten Gesamtwasserstoffes wurde abgespalten:

durch Sphagnen . 15,3 Teile, durch Moostorf . 15,0 Teile.

4. Aus einer 10 %igen Lösung mit Ammoniumsulfat im Wasserstoffstrom wurde Säurewasserstoff abgespalten, durch 100 g Trockensubstanz:

durch Sphagnen . . 0,0253 g H = 1,2400 g SO_4H_2

„ Moostorf . . 0,0300 „ H = 1,4700 „ SO_4H_2

Auf 100 Teile des Gesamtwasserstoffes der Moorsubstanzen wurde abgespalten:

durch Sphagnen . 26,8 Teile, durch Moostorf . 27,4 Teile.

Diese Versuche reichen vollständig aus um zu beweisen, daß ein und dieselbe Substanz in den Sphagnen und im Moostorf bei der Aufspaltung der Salze wirksam ist. Denn auf die gleiche Menge Acidität dieser Substanz berechnet, wird aus Sphagnen und Moostorf genau dieselbe Säuremenge aus verschiedenen Salzen frei gemacht. Man kann also jetzt schon deutlich erkennen: **Es gibt keine freien Humussäuren im Moostorf.** Die eigentümlichen Erscheinungen, die man den freien Humussäuren beigelegt hat, sind einem Stoffe zuzuschreiben, der bereits in den lebenden Sphagnen enthalten ist. Dieser Stoff muß im Moostorf so vorzüglich konserviert sein, daß er hier noch die gleichen Wirkungen hervorbringt, wie in den lebenden Sphagnumpflanzen. Jedoch nicht bei allen Salzen tritt die Übereinstimmung zwischen Sphagnen und Moostorf so deutlich hervor, wie bei den oben angeführten Salzen mit starken Säuren. Hier erscheint das Sphagnum- und Torffiltrat vollkommen farblos oder fast farblos zum Zeichen, daß anderweitige Umsetzungen mit den Moorsubstanzen kaum stattgefunden haben. Es wurde nur die starke Säure aus ihren Salzen abgeschieden und die Basis aus dem Salz absorbiert. Verwendet man dagegen zu den Versuchen Salze mit solchen Säuren, die im freien Zustand stark reduzierend wirken, oder auch nur Salze mit schwachen organischen Säuren, so ist die Übereinstimmung nicht mehr so vollkommen. Dies rührt zum Teil daher, daß die Filtrate gelb oder gelbbraun gefärbt waren und dadurch das Titrieren unsicher machten. Zugleich weist aber diese Färbung auch auf Umsetzungen hin, welche die Salze mit den in Sphagnen und im Moostorf enthaltenen Stoffen eingegangen sind. Eiweiß, Zucker, Cellulose und andere regelmäßig in Pflanzen vorkommende organische Verbindungen müssen im Moostorf, dessen Sphagnumpflanzen schon vor Jahrhunderten abgestorben sind, bereits erhebliche Veränderungen erlitten haben, die schon äußerlich durch die braune Farbe des Moostorfes erkenntlich sind. Auch war es nicht möglich, den Moostorf so zu präparieren, daß das Untersuchungsmaterial ausschließlich aus Sphagnenresten bestand. Geringe Überreste von Wollgras und Scheuchzeria blieben beigemischt. Diese Veränderungen, Zersetzungen und Verunreinigungen des Moostorfes dürften vor allem die Ursache sein, warum vom Moostorf die Säure aus organischen Salzen und aus Salzen, die selbst große Reaktionsfähigkeit besitzen, nicht mehr in der genau gleichen Menge abgespalten wird, wie von den Sphagnumpflanzen. Immerhin findet auch in diesen Fällen der Vorgang in so analo-

ger Weise und unter denselben Begleiterscheinungen statt, daß auch diese Reaktionen als sicherer Beweis für die Identität der in den Sphagnen und im Moostorf vorkommenden Säure dienen können.

5. Aus einer 10%igen Jodkaliumlösung wurde im Wasserstoffstrom Säurewasserstoff abgespalten:

durch Sphagnen . . .	0,01194 g H = 1,528 g JH
„ Moostorf . . .	0,01201 „ H = 1,537 „ JH

Auf 100 Teile des Säurewasserstoffes der Moorsubstanzen wurde abgespalten:

durch Sphagnen . 12,6 Teile, durch Moostorf . 11,1 Teile.

Die Jodkaliumlösung war sowohl durch Sphagnen als durch Moostorf gelb gefärbt; durch beide Substanzen war etwas freies Jod abgeschieden worden.

6. Bei Behandlung mit einer 5%igen Lösung von Natriumnitrit im Wasserstoffstrom war das Filtrat von den Sphagnen hellgelb, das Filtrat vom Moostorf dunkler gelb gefärbt, so daß das Titrieren mit Natronlauge und Phenolphthalein etwas unsicher wurde. Die Nitritlösung war nicht neutralisiert worden. Es war also ein Teil der sauren Substanz von vorneherein durch das Nitrit abgestumpft worden und dieser Teil konnte nicht zur Wirkung kommen. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes wurde gefunden, daß Säurewasserstoff abgespalten wurde auf 100 g Trockensubstanz:

durch Sphagnen . . .	0,0224 g = 1,053 g NO ₂ H
„ Moostorf . . .	0,0205 „ = 0,9635 „ NO ₂ H

Auf 100 Teile Säurewasserstoff der Moorsubstanzen wurden frei gemacht:

durch Sphagnen . 26,0 Teile, durch Moostorf . 20,28 Teile.

In den Filtraten von Sphagnen und Moostorf konnte freie salpetrige Säure mit Jodkalium und Stärkekleister nachgewiesen werden.

7. Durch eine 5½%ige Lösung von Natriumsulfit, die vorher neutralisiert war, wurde Säurewasserstoff im Wasserstoffstrom frei gemacht:

aus Sphagnen . . .	0,0778 g H = 2,4896 SO ₂
„ Moostorf . . .	0,1092 „ H = 3,4944 SO ₂

Auf 100 Teile Säurewasserstoff der Moorsubstanzen wurden frei gemacht:

durch Sphagnen . 87,7 Teile, durch Moostorf . 100 Teile.

Das Filtrat der Sphagnen war nur hellgelb, das vom Moostorf gelbbraun gefärbt. Der Säurewasserstoff des Moostorfes hatte demnach, falls die Titration richtig war, eine äquivalente Menge Wasserstoff aus dem Sulfit abgeschieden, auch durch die Sphagnen wurde nicht viel weniger Säurewasserstoff in Freiheit gesetzt, als mit Natronlauge bestimmt worden war.

8. Die Versuche mit ameisensaurem Natrium wurden teils im Wasserstoffstrom, teils im Erlenmeyerkölbchen durch öfteres Schütteln in gewöhnlicher Weise durchgeführt. Dabei wurde das Salz in verschiedenen Konzentrationen verwendet, um zu ermitteln, ob bei höheren Konzentrationen mehr Wasserstoff abgespalten wird und ob es nicht gelingt, auch hier die durch Titrieren bestimmte, äquivalente Menge Wasserstoff zur Abscheidung zu bringen. Die gegen Phenolphthalein schwach alkalisch reagierende Salzlösung war zuvor neutralisiert worden.

Die Ergebnisse waren folgende auf 100 g Trockensubstanz gerechnet.

a) Sphagnen

Gehalt der Lösung an HCOONa in %	Daraus abge-spaltener Säure-Wasserstoff in g	Ent-sprechende Menge Ameisensäure HCOOH in g	Auf 100 Teile des durch Titrieren mit Natronlauge bestimmten Säurewasserstoffes wurden abgespalten	Bemerkungen Der Versuch wurde ausgeführt
2,5	0,0622	2,8612	66,0 Teile	im Wasserstoffstrom
5	0,07065	3,2499	76,0 "	"
10	0,07812	3,5938	82,9 "	"
10	0,07802	3,5889	82,8 "	i. Erlenmeyerkölbchen
20	0,08394	3,8612	89,0 "	mit Luft geschüttelt

b) Moostorf

2,5	0,07420	3,4132	67,8 Teile	im Wasserstoffstrom
5	0,08527	3,9224	77,9 "	"
10	0,09328	4,2911	85,3 "	"
10	0,09338	4,2950	85,4 "	i. Erlenmeyerkölbchen
20	0,10082	4,6377	92,1 "	mit Luft geschüttelt
40	0,10765	4,9512	98,4 "	

Wir sehen hieraus, daß zwar mit der Konzentration des Salzes auch die Menge der abgespaltenen Ameisensäure wächst; allein nicht proportional der Salzmenge. Aus einer 40 %igen Lösung des ameisensauren Natriums wird fast ebenso viel Säurewasserstoff abgespalten als durch Titrieren der Moorsubstanzen gefunden wurde.

Die Versuche mit den 10%igen Lösungen zeigen, daß es nicht nötig ist, im Wasserstoffstrom zu arbeiten.

9. Bei den Versuchen mit essigsäurem Natrium wurde abermals geprüft, ob bei der Umsetzung die Luft von Einfluß ist, indem aus einer 10%igen Lösung die Säure teils im Wasserstoffstrom teils in gewöhnlicher Weise durch Schütteln der Moorsubstanz mit der Salzlösung im verschlossenen Erlenmeyerkölbchen abgeschieden wurde. Außerdem wurde noch geprüft, ob die Temperatur einen Einfluß auf die Zersetzung des Salzes ausübt, indem die Moorsubstanz mit der Acetatlösung einmal aufgekocht, nach dem Abkühlen auf 300 cc aufgefüllt und in 250 cc die abgeschiedene Essigsäure titriert wurde.

Folgende Zahlen zeigen die Ergebnisse:

	Sphagnen			Moostorf		
	Abgespaltene Säure H in g	Entsprechende Menge Essigsäure (CH ₃ COOH) g	Auf 100 Teile des Gesamtwasserstoffes abgespalten	Abgespaltene Säure H in g	Entsprechende Menge Essigsäure (CH ₃ COOH) g	Auf 100 Teile Gesamt-Säure Wasserstoff abgespalten
im Wasserstoffstrom	0,0838	5,028	88,27 Teile	0,10175	6,105	92,1 Teile
beim Schütteln mit Luft	0,0838	5,028	88,2	0,1017	6,100	92,0
b. Schütt. in heiß. Lösung	0,0885	5,316	94,0	0,1135	6,810	103,8
heiße 1½%ige Acetatlös.	0,0656	3,936	69,5	0,0836	5,016	76,4

Die Sphagnenfiltrate waren nur schwach gelb, die Torffiltrate stark gelb gefärbt. Im Wasserstoffstrom zu arbeiten erschien wieder als unnötig. Die Temperatur steigert die Säureabgabe. Aus einer heißen 10%igen Natriumacetatlösung wird nahezu ebenso viel Säurewasserstoff abgespalten, als durch Natronlauge in den Moorsubstanzen titriert war. Doch vermag eine 1½%ige Acetatlösung die Wirkung auch in der Hitze nicht zu erreichen, die eine 10%ige in der Kälte hervorbringt.

10. Aus einer 10%igen Lösung von buttersäurem Natrium wurde abgeschieden, auf 100 g Trockensubstanz berechnet:

von Sphagnen 0,06753 g Säurewasserstoff = 5,943 g Buttersäure C₄H₈O₂
 „ Moostorf 0,08362 „ „ = 7,358 „ „ „

Auf 100 Teile des in den Moorsubstanzen bestimmten Säurewasserstoffes wurde abgeschieden:

von Sphagnen . 72,7 Teile, von Moostorf . 76,4 Teile.

Das Filtrat vom Moostorf war intensiver gelb gefärbt als das von den Sphagnen.

11. Aus einer 5%igen Lösung von salizylsaurem Natrium wurde auf 100 Teile Trockensubstanz abgeschieden: durch Sphagnen 0,04919 g Säurewasserst. = 6,788 g Salizylsäure $C_7H_6O_3$
 „ Moostorf 0,05653 „ „ = 7,801 „ „

Auf 100 Teile des in Moorsubstanzen titrierten Säurewasserstoffes wurde abgeschieden:

durch Sphagnen . 52,1 Teile, durch Moostorf . 51,7 Teile.

Die Filtrate waren rötlichgelb bzw. gelbbraun.

12. Die Versuche mit essigsäurem Ammon konnten nur in verhältnismäßig verdünnten Lösungen vorgenommen werden, weil sich die konzentrierten Lösungen nur sehr schlecht titrieren ließen. Aus einer 1%igen Lösung wurden jedoch bereits durch Sphagnen 81,7 und durch Moostorf 81,8 Teile des gesamten in den Moorsubstanzen mit Natronlauge bestimmten Säurewasserstoffes abgeschieden.

13. Mit essigsäurem Kalk wurden dagegen fast wasserhelle Filtrate erzielt, die sehr gut den Farbumschlag mit Phenolphthalein gaben. Von 100 Teilen des gesamten Säurewasserstoffes der Moorsubstanzen wurden wieder gefunden bei Anwendung

einer 0,25%igen Lösung bei Sphagnen 70,0 Teile, bei Moostorf 72,1 Teile

„ 1	„	„	„	85,7	„	„	87,6	„
„ 5,25	„	„	„	89,5	„	„	99,0	„
„ 10	„	„	„	96,3	„	„	102,0	„

Bei Behandlung mit einer 10%igen Kalkacetat-Lösung finden wir also in Sphagnen wie im Moostorf fast genau die gleiche Menge Säurewasserstoff wieder wie beim Titrieren mit Natronlauge. Man könnte also mit einer solchen Lösung einfach und sicher die Acidität der Sphagnen und des Moostorfes bestimmen. In dem Filtrat der verdünnten (0,25%igen) Lösung wurde auch noch der Kalk bestimmt. Es waren durch die Sphagnen 49,7 mg CaO, durch Moostorf 55,2 mg CaO aus der Lösung des essigsäuren Kalkes entfernt worden. Die abgespaltene Menge Essigsäure entspricht einer Kalkmenge von 46 bzw. 56,0 mg CaO. Mithin ist beim Moostorf genau die der abgespaltenen Essigsäure äquivalente Kalkmenge aus der Lösung herausgenommen worden.

14. Interessant ist noch das Verhalten der Sphagnen und des Moostorfes gegen unlösliche Kalksalze. Aus weinsaurem Kalk konnten Sphagnen und Moostorf noch 19,7 bzw. 19,0 Teile des mit Natronlauge titrierten Gesamtsäurewasserstoffes abscheiden. Dagegen reagierte oxalsaurer Kalk nicht mit den Moorsubstanzen.

Es wurde keine Spur Säurewasserstoff in Freiheit gesetzt. Diese Erscheinung kann nicht auf die Oxalsäure, sondern nur auf die Unlöslichkeit des oxalsauren Kalkes zurückgeführt werden. Denn aus einer 3%igen Lösung von Ammoniumoxalat wurden von dem durch Titrieren bestimmten Säurewasserstoff durch Sphagnen 37,0, durch Moostorf 41,9% abgespalten.

Überblicken wir nochmals die obigen Zahlenreihen, so finden wir als das wichtigste Ergebnis die fast völlige Übereinstimmung des Moostorfes von Triangel in Hannover mit den oberbayerischen Sphagnumpflanzen aus dem Hochmoor bei Bernau in ihrem Verhalten gegen lösliche und unlösliche Salze. Wir müssen daraus schließen — und werden diese Folgerung noch oft bestätigt finden — daß die Abspaltung von Säuren (auch aus Tricalciumphosphat) nicht durch „freie Humussäuren“ verursacht werden, sondern durch Substanzen, die bereits in den lebenden Sphagnen vorhanden sind.

Alle löslichen Salze, die untersucht wurden, sind von dem preußischen Torf und den bayerischen Sphagnen unter Abspaltung freier Säure zersetzt worden. Dabei ist auf die gleiche Acidität berechnet durch beide Moorsubstanzen die gleiche Säuremenge abgeschieden worden: aus Chlornatrium, schwefelsaurem Kalium, schwefelsaurem Ammonium, Chlorcalcium, essigsäurem Ammonium und salzylsaurem Natrium. Hier liegen die Unterschiede, die in den abgespaltenen freien Säuremengen gefunden wurden, durchweg im Bereich der Versuchsfehler. Aus schwefligsaurem, ameisen-saurem, essigsäurem und buttersäurem Natrium, sowie aus essigsäurem Kalk hat der Moostorf stets etwas mehr Säure abgeschieden; etwas geringer war dagegen die Säureabscheidung aus Jodkalium und aus salpetrigsaurem Natrium, wobei freies Jod und freie salpetrige Säure nachgewiesen werden konnte.¹⁾

Vollkommen in Wasser unlösliche Salze, wie oxalsaure Kalk werden weder von den Sphagnen noch von dem Moostorf angegriffen. Von Interesse ist es noch nachträglich zu berechnen, wie die Zersetzung des Calciumphosphates von statten ging, wenn man den mit Natronlauge bestimmten Säurewasserstoff der Berechnung zugrunde legt: Auf 100 Teile Säurewasserstoff wurden durch die Sphagnen 19,1 Teile

¹⁾ Der Nachweis von freier Salzsäure, freier Schwefelsäure, freier Essigsäure ist wegen der großen Salzmenge, die neben verhältnismäßig geringern Säuremengen vorhanden ist, nur sehr schwer zu führen.

und durch den Moostorf 20,2 Teile Phosphorsäure gelöst. Wir sehen also auch hier, daß die auflösende Kraft der Sphagnen und des Moostorfes für Phosphorsäure die gleiche ist.

Zur Neutralisierung der im Hochmoortorf und in den Sphagnen enthaltenen Säure mit Natronlauge ist ein gewisser Zeitraum nötig, ebenso wie zur Abspaltung der Säure aus den Salzen. Während gewöhnliche lösliche Säuren mit Alkalien momentan sich neutralisieren und auch schwerlösliche organische Säuren sich ungemein schnell mit freien Alkalien verbinden, scheint zum Ausgleich der sauren Eigenschaften der Moorsubstanzen mindestens eine halbe Stunde erforderlich. Hat die Einwirkung der Alkalien oder der Salze drei Stunden gedauert, so ist die Reaktion auch bei unlöslichen Salzen praktisch beendet.¹⁾ Heß, der den Moorboden 15 Monate auf Sulfate und Chloride einwirken ließ, hat nicht mehr freie Säure in seinen Moostorffiltraten gefunden, sondern nur ungefähr den zehnten Teil der Menge, die unsere Versuche lieferten, weil er schließlich die Salzlösung so stark verdünnte, daß sie nur ca. 0,7 g Salz auf 100 cc Wasser enthielt. Nur die Kainitlösung war konzentrierter (3,4 %ig). Deshalb wurde auch aus Kainit am meisten Säure frei (s. Gesch. d. Humuss. S. 119). Die Menge der abgespaltenen Säure ist nämlich abhängig 1. von der Natur des Salzes und 2. von der Konzentration der Salzlösung. Aus Chloriden wird am wenigsten Säure frei, etwas mehr aus Sulfaten und am meisten aus Salzen mit schwachen Säuren; aus Ameisensäuren, noch besser aus essigsäuren Salzen kann man, wenn sie in konzentrierter Lösung vorhanden sind, so viel Säurewasserstoff abtrennen, als mit einer titrierten Natronlauge in den Moorsubstanzen gefunden wird. Eine auffallende Erscheinung ist es, daß aus Lösungen verschiedener Konzentration die Abtrennung der Säure nicht im Verhältnis zur Stärke der Salzlösung erfolgt. Zwar wird aus konzentrierten Lösungen stets bis zu einer bestimmten Grenze mehr Säure abgespalten, wie aus verdünnten, aber Sphagnum und Moostorf zeigen doch in der schwächsten Salzlösung immer verhältnismäßig die stärkste Zersetzungskraft. Da bei diesen Umsetzungen die unlösliche, saure Substanz nicht in Lösung tritt, sondern im Sphagnum und Moostorf verbleibt, so kann die Zersetzung der Salze nur in der Weise erfolgen, daß die Basis des Salzes an die saure Substanz des Torfes bezw. der Sphagnen tritt

¹⁾ Immerhin wurde wiederholt bei 24stündiger Einwirkung noch eine kleine Vermehrung des abgespaltenen Säurewasserstoffes beobachtet.

und unlöslich wird. Es wird also aus verdünnten Lösungen relativ mehr Basis unlöslich gemacht, wie aus konzentrierten.

Von keiner organischen, unlöslichen Säure sind Reaktionen bekannt, bei denen aus Salzen mit starken Mineralsäuren unlösliche, organische Alkalisalze sich bilden, während die unorganische Säure in Freiheit gesetzt wird. Wohl aber können Colloide die Mineralsäuren aus ihren Salzlösungen abspalten (s. Gesch. d. Humuss. S. 96). Ebenso ist es eine Eigentümlichkeit der Colloide gegen verdünnte Lösungen relativ stärker zu reagieren als gegen konzentrierte. Auch wird zur Vollendung der Colloidreaktionen, zur Einstellung des Gleichgewichtes, stets ein gewisser Zeitraum benötigt. Wir stoßen also hier auf eine Reihe von Colloidreaktionen. Es ist deshalb vor allem zu untersuchen, ob die eigenartig wirkenden Stoffe in den Sphagnen und im Moostorf wirklich Colloide oder organische Säuren sind.

B. Sind die Säureerscheinungen in Sphagnen und Moostorf auf Colloidwirkungen zurückzuführen?

1. Unterschiede zwischen Säuren und Colloiden mit negativer elektrischer Ladung.

Um zu erkennen, ob die bisher beschriebenen Reaktionen der Sphagnen und des Moostorfes durch organische Säuren oder durch Colloide hervorgerufen werden, müssen wir vor allem die Unterschiede aufsuchen, die sich zwischen Säuren und Colloiden aufstellen lassen.

Die Säuren definiert man in der Regel als sauer reagierende (blaues Lackmus rötende) Wasserstoffverbindungen, deren Wasserstoff durch Metalle ersetzbar ist. Sie vereinigen sich mit Basen zu Salzen, wobei das Metall an Stelle des Wasserstoffes tritt. Vom Standpunkt der Jonentheorie sind die Säuren als Wasserstoffverbindungen zu betrachten, die in wässriger Lösung Wasserstoffjonen abdissociieren. Basen sind Verbindungen, die Hydro-

xylyonen abdissoziieren. Bei der Salzbildung vereinigen sich die abdissoziierten H^+ - und OH^- -Ionen und es erklärt sich damit in einfacher Weise, warum bei Vereinigung verschiedener Säuren und Basen, wenn sie nur hinreichend dissociiert sind, die gleiche Wärmemenge sich entwickelt.

Nach der neuesten Theorie von A. Werner, die viele Wahrscheinlichkeit besitzt, spalten sich die Wasserstoffionen nicht direkt von den Säuren ab, so zerfällt z. B. Salzsäure nicht in H^+ und Cl^- , sondern die Wasserstoffionen entstehen durch Zersetzung des Wassers. Nach dieser Anschauung sind Säuren Verbindungen, die aus dem Wasser die Hydroxylionen zu binden vermögen und die Wasserstoffionen abdissoziieren. Chlorwasserstoff reagiert also mit Wasser nach der Gleichung $ClH + H_2O = ClH.OH + H$. Basen sind hienach Verbindungen, die aus dem Wasser Hydroxylionen abspalten. Auch nach dieser Theorie verbinden sich bei der Salzbildung die H^+ -Ionen mit den OH^- -Ionen, jedoch unter gleichzeitiger Hydratbildung.¹⁾ In jedem Fall vereinigen sich Säuren mit Basen in stöchiometrischen Verhältnissen. So bedarf z. B. eine zweibasische Säure zur vollen Sättigung entweder zwei Atome eines einwertigen Metalles oder ein Atom eines zweiwertigen. Da alle wirklichen Säuren die Fähigkeit haben, in wässriger Lösung Elektrizitätsträger, Wasserstoffionen zu bilden, so haben auch all diese Säuren eine gewisse Leitfähigkeit für den elektrischen Strom, wenn sie sich auch nur in kleinem Betrag im Wasser lösen.

Neben den Säuren und Basen hat man noch die amphoteren Substanzen zu beachten. Sie sind in der Regel indifferent, zeigen weder einen ausgesprochen basischen, noch einen deutlich sauren Charakter. Nach A. Werner sind sie als chemische Verbindungen aufzufassen, welche die Fähigkeit haben, sowohl Wasserstoffionen als Hydroxylionen zu addieren.²⁾ Nur in sauren Lösungen addieren sie Wasserstoffionen, indem sie die von der freien Säure abgespaltenen Ionen aufnehmen; sie bilden dann salzähnliche Körper mit den Säuren. Nur in alkalischen Lösungen addieren sie das von dem Alkali abgespaltene OH^- -Ion und bilden dann salzartige Körper mit den Alkalien. Ein Beispiel ist das

¹⁾ Näheres hierüber vgl. A. Werner. Neuere Anschauungen auf d. Geb. der anorg. Chemie, Braunschweig 1909, S. 223, 229 u. ff. In obigen Angaben ist nur eine für die Beurteilung der Theorie ganz ungenügende Andeutung der Anschauungen Werner's zu erblicken. Eine ausführlichere Darstellung erscheint für unsere Zwecke nicht nötig.

²⁾ Vgl. A. Werner a. a. O. S. 233 und P. Pfeiffer, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 40, 1907, S. 4036.

Aluminiumhydroxyd. An sich ein wenig reaktionsfähiger, neutraler Körper bildet es mit Salzsäure durch Addition der von der Salzsäure abgespaltenen H-Jonen das Aluminiumchlorid, mit Alkalien dagegen durch Addition der vom Alkali frei gemachten OH-Jonen die Aluminate (Oxysalze). Ob man es aber hier mit wirklichen Salzen zu tun hat, scheint sehr fraglich. Denn diese Additionsprodukte zeigen in der Regel eine stark wechselnde, chemische Zusammensetzung, bilden eine große Anzahl von wasserhaltigen Salzen, bei denen oft stöchiometrische Verhältnisse nur schwierig zu konstatieren sind. Außerdem erhält das mit Salzsäure behandelte Aluminiumhydroxyd eine saure, das mit Alkali behandelte eine alkalische Reaktion, so daß die Salze der amphoteren Körper in Wirklichkeit als stark saure oder basische Substanzen erscheinen, was sie vorher nicht gewesen sind. Wesentlich ist jedenfalls für amphotere Körper, daß sie nicht selbständig H- oder OH-Jonen abdissoziieren können, wie wirkliche Säuren und Basen; sondern daß sie unter Umständen diese Jonen nur addieren können. Absolute Neutralität scheint ihnen nicht zuzukommen; eine Spur saurer oder basischer Beschaffenheit herrscht vor. Suspendiert man Aluminiumhydroxyd in Wasser und leitet den elektrischen Strom ein, so lagert sich das Hydroxyd an der Kathode ab. Es zeigt also elektropositiven Charakter. Bringt man aber die geringsten Mengen freies Alkali in das Wasser, so kehrt sich sofort das Wanderungsvermögen um: das Hydroxyd geht zur Anode, wie die Säuren.

Sehr viel Ähnlichkeit mit den amphoteren Körpern zeigen in chemischer Beziehung die meisten Colloide. Werden Colloide mit Säuren zusammengebracht, so vereinigen sie sich mit den Säuren; kommen sie mit Basen zusammen, so verbinden sie sich mit den Basen so innig, daß sie nur schwer wieder davon getrennt werden können (s. Gesch. d. Humuss. S. 95). Nur zeigen die meisten Colloide bei der Elektrolyse nicht einen elektropositiven Charakter wie das Aluminiumhydroxyd und andere Metallhydroxyde. Denn leitet man in Wasser, in dem Colloide suspendiert sind, den elektrischen Strom, so wandern sie in den meisten Fällen zur Anode. Man braucht aber deswegen nicht anzunehmen, daß solche Colloide eine saure Beschaffenheit besitzen. Denn auch alle zweifellos indifferenten, im Wasser suspendierten Teilchen, selbst Metalle, bewegen sich zur Anode. Dies beruht auf der allgemein giltigen Tatsache, daß alle in irgend einer Flüssigkeit suspendierten Teilchen gegen die Flüssigkeit eine elektrische Ladung annehmen; nach Helmholtz infolge von Reibungselektrizität, hervorgerufen durch

Berührung zweier heterogener Medien. Bei Colloiden ist die Reibung besonders leicht verständlich, da ihre kleinen Teilchen sich lebhaft in der Flüssigkeit bewegen (Gesch. d. Humuss. S. 75, 76). Da das Wasser durch Elektrizität stets positiv geladen wird, müssen alle feinen, neutralen Suspensionen negative Ladung erhalten. Und damit erhalten sie auch eine gewisse Anziehungskraft für Basen. Sie müssen leichter Hydroxyljonen addieren können ohne daß sie deswegen als Säuren betrachtet werden dürfen.¹⁾ Diese Eigenschaft, Hydroxyljonen und Basen aufzunehmen, bringt es mit sich, daß viele Colloide in dissociierten Salzlösungen saure Reaktion hervorrufen und daß sie blaues Lackmuspapier auch in reinem Wasser röten. Sie nehmen aus den Salzlösungen die Basen heraus und verursachen eine saure Reaktion durch die zurückbleibende Säure des Salzes. Aus dem Lackmuspapier, das ja ursprünglich rot war und nur durch freies Alkali blau gefärbt ist, nehmen sie das Alkali auf, sodaß das Papier nachher wieder rot erscheint. Diese Erscheinungen haben die negativen Colloide in den Ruf von Säuren gebracht. Sie sind aber keine Säuren, weil sie nicht Wasserstoffjonen aus sich abdissociieren; freie Wasserstoffjonen würden die Flüssigkeit, in der sich die Colloide befinden, leitfähig für den elektrischen Strom machen. Die Leitfähigkeit der meisten Colloidlösungen ist aber minimal.²⁾ Im übrigen läßt sich wie bei amphoteren Körpern durch Zusatz von sauren Substanzen der Ladungssinn umkehren: die negativen Colloide wandern auf Zusatz von Säuren zur Kathode.³⁾

¹⁾ Die primäre Ursache der Absorption wird hier der Einfachheit halber auf eine elektrische Wirkung zurückgeführt, hervorgerufen durch die für Humussäuren erwiesene Brown'sche Molekularbewegung. Hiemit lassen sich auch die eigenartigen Verhältnisse bei der Absorption des Eisens und der Tonerde am leichtesten in Einklang bringen (s. S. 92 ff.). In Wirklichkeit liegen bei quellbaren Colloiden jedenfalls sehr komplizierte Verhältnisse vor, bei denen die Oberflächenspannung und die Diffusion eine große Rolle spielt. Man kann auch annehmen, daß die Abspaltung der Säure aus Salzen durch gewisse Colloide deshalb erfolgt, weil die Basis stärker absorbiert wird als die Säure. Nur ist dann nicht klar, warum die Absorptionskraft für das eine Ion stärker sein soll als für das andere. Eine, wenn auch noch so schwache Kraft ist zur Trennung der Jonen nötig. Näheres vgl. bei Freundlich, Capillarchemie, 1909; Wo. Ostwald, Grundriß der Colloidchemie, 1909, 419 u. ff.; Michaelis, Dynamik der Oberflächen, 1909, 72; Wilh. Ostwald, Grundriß der allg. Chemie, 1909, 561.

²⁾ Eine minimale Leitfähigkeit kommt natürlich auch neutralen Substanzen zu, die ebenfalls mit Wasser elektrische Ladung durch die Reibungselektrizität erhalten.

³⁾ Auch das Dispersionsmittel, die Flüssigkeit, in der die Colloide verteilt sind, ist von Einfluß auf den Ladungssinn. So zeigen viele Colloide in Terpenöl die entgegengesetzte Ladung wie in Wasser.

1. Die Colloide unterscheiden sich also zunächst wesentlich von echten Säuren dadurch, daß sie keine freien Wasserstoffjonen abdissoziieren, mithin nur eine minimale elektrische Leitfähigkeit zeigen. Ob sie wirklich amphotere Körper sind, ist nicht sicher festgestellt. Sicher ist aber, daß sie durch Säuren „umgeladen“ werden können und dadurch elektropositiven Charakter erhalten.

2. Ein zweiter wesentlicher Unterschied liegt in ihrem Verhalten gegen Basen. Die Säuren bilden chemische Verbindungen, Salze, indem sie sich in stöchiometrischen Verhältnissen mit den Basen vereinigen; negative Colloide bilden Absorptionsverbindungen, indem sich die Basen in wechselnder Menge an die Colloide anlagern. Die Absorptionsverbindungen sind Gleichgewichtszustände, die bei vielen Colloiden (nicht bei allen!) leicht gestört werden können (s. Gesch. d. Humuss. S. 95, 96). Unter Umständen kann durch bloßes Austrocknen der Colloide oder auch umgekehrt durch viel Wasser die Basis wieder von dem Colloid losgetrennt werden, andererseits bewirken größere Mengen freier Basen oder konzentriertere Salzlösungen eine stärkere Anlagerung der Basis an das Colloid.¹⁾

An den Colloiden, besonders an den quellbaren, sog. hydrophilen oder Emulsionscolloiden, sind in den letzten Jahren noch eine Reihe interessanter Erscheinungen beobachtet worden, die sich als gewöhnliche chemische Reaktionen überhaupt nicht deuten lassen, sondern erst verständlich werden, wenn man den physikalischen Zustand und die mikroskopische Struktur der Colloide berücksichtigt. Diese Reaktionen sind nur den Colloiden, nicht den Säuren eigentümlich; sie bilden also gute Unterscheidungsmittel von den Säuren.

3. Absorptions-Isotherme. Hieher gehört vor allem die Eigentümlichkeit, daß das Colloid aus verdünnten Lösungen relativ viel mehr absorbiert als aus konzentrierten. Van Bemmelen, Ostwald, Freundlich haben diese Eigentümlichkeit graphisch dargestellt in Absorptionskurven (Absorptionsisothermen). Bezeichnet man mit x die von einer bestimmten Quantität Colloid (1 g oder 100 g) absorbierten Substanzmengen und trägt die x -Werte im Coordinatensystem als Ordinaten auf, die Konzentration der Lösungen als Abscissen, so bildet die Verbindungslinie der Schnittpunkte eine Kurve, die steil ansteigt und sich mit wachsender

¹⁾ Auch dieses Verhalten der Colloide erinnert an die amphoteren Metallhydroxyde, deren Salze mit Säuren und deren Verbindungen mit Basen sich leicht zersetzen, insbesondere leicht hydrolysiert werden können.

Konzentration der Lösung allmählich verflacht. Ostwald und Freundlich haben auch mathematisch die Beziehung zwischen den absorbierten Mengen und der Konzentration der Lösungen durch die Formel dargestellt $x = Kc^{\frac{1}{p}}$ worin c die Konzentration in der Lösung, p und K Konstanten sind, die mit der Natur der Stoffe variieren. Näheres S. 105.¹⁾

4. Einfluß der Temperatur auf die Absorption. Die Temperatur hat auf den Verlauf der Absorptionsvorgänge nur einen verhältnismäßig geringen Einfluß. Häufig nimmt die Absorption mit steigender Temperatur ab.

5. Danysz-Phänomen. Für die Absorption aus Salzlösungen ist auch die Geschwindigkeit, mit der die Salzlösung zugesetzt wird, oft von Einfluß auf die Coagulation eines Colloids. Rascher Zusatz eines Salzes kann sofort die Fällung eines Colloids bewirken, während bei allmählichem Zusatz das Colloid suspendiert bleibt. Diese Erscheinung ist als Danysz-Phänomen bekannt und man hat angenommen, daß sich das Colloid durch den allmählichen Zusatz dem Fällungsmittel anpassen, sich an dasselbe „gewöhnen“ kann.

6. Werden verschiedene Mengen des gleichen Colloids mit der gleichen Lösung behandelt, so werden auf eine Einheit berechnet, nicht die gleichen Mengen aus der Lösung aufgenommen, sondern größere Mengen Colloid absorbieren aus der gleichen Lösung relativ geringere Mengen.

7. Oberflächenenergie, Basisaufnahme und Säureabspaltung durch Colloide. Eine besondere Eigentümlichkeit vieler negativer Colloide besteht darin, daß sie aus Salzlösungen die Basis absorbieren und die Säure abstoßen. Die Intensität dieser Erscheinung ist — abgesehen von der elektrischen Ladung des Colloids noch abhängig von seinem Gehalt an Basen und von seiner Oberflächenausdehnung. Wenn ein Colloid bereits Basen aufgenommen hat, so ist natürlich auch die Anziehungskraft für Basen mehr oder minder geschwunden, je nach der Menge der Basen, die bereits absorbiert sind. Man kann in diesem Fall die Absorptionsfähigkeit unter Umständen wieder herstellen, wenn man dem Colloid die Basen durch verdünnte Säure oder auch durch viel Wasser entzieht, falls es sich um leicht lösliche Basen handelt.

Daß mit dem Wechsel der Oberfläche eines Colloids auch seine Anziehungskraft für Basen wechseln muß, ergibt sich ohne weiteres

¹⁾ Hiezu vgl. Ostwald, Lehrbuch der allgem. Chemie, 2. Aufl., II, 1906, 3. Teil, 232. Freundlich, Zeitschr. f. physik. Chemie 1907, 57, 390.

daraus, daß jeder mechanische Absorptionsvorgang auf Oberflächenenergie zurückzuführen ist. Die Oberflächenenergie ist aber das Produkt aus zwei Faktoren: der Oberflächengröße und der Oberflächenspannung. Mit Zunahme der Oberflächengröße muß auch die Fähigkeit zunehmen, Basen aus verdünnten, wässrigen Salzlösungen zu absorbieren, die ja alle entweder elektrolytisch oder hydrolytisch mehr oder minder in ihre Bestandteile, Basis und Säure, zerfallen sind.

Die Basisaufnahme und die damit verbundene Abspaltung der Säuren aus Salzen kann man schon an Colloiden mit verhältnismäßig geringer Oberflächenentwicklung beobachten. Kohle, Wolle, Baumwolle, Seide vermögen nach *Freundlich* und *Losev* Farbsalze zu zerlegen; so wird aus Kristallviolett, Neufuchsin, Patentblau die Farbbase absorbiert und die damit verbundene Salzsäure in freiem Zustand abgeschieden.¹⁾ Ähnlich verhält sich die Cellulose des Filtrierpapiers. Bringt man nach *L. Michaelis* einen Tropfen eosinsaures Methylenblau auf Filtrierpapier, so bildet sich ein rein mit Methylenblau gefärbtes Zentrum, während die rote Eosinsäure weiter diffundiert. Man kann mit diesem Versuch in einfachster Weise die Abspaltung der Eosinsäure durch das Filtrierpapier demonstrieren.²⁾ *Göppelsröder* hatte schon früher (1901) gezeigt, daß Filtrierpapier auch die Ammoniaksalze zerlegt. Läßt man eine Lösung von Ammoniumnitrat, — Sulfat, — Acetat etc. in einem Streifen Filtrierpapier aufsteigen, so erscheint in den obersten Teilen des Streifens freie Säure, die mit Lackmus nachzuweisen ist. Baumwolle und Seide können auch Jodkalium zerlegen.³⁾

Eine besonders stark entwickelte Oberfläche zeigen quellbare Colloide, wie die Gallerten. Hier müssen denn auch die Absorptionserscheinungen besonders intensiv auftreten. Das Quellungsmittel, in der Natur Wasser, dringt zwischen die feinsten Teilchen des quellbaren Körpers ein und treibt sie auseinander, wobei sie dann rings von dem Quellungsmittel umgeben werden. Je mehr Wasser dem Colloid zur Verfügung steht, um so intensiver muß die Aufteilung werden und um so größer die Absorptions-

¹⁾ Zeitschrift für physikalische Chemie 1907, 59, S. 395.

²⁾ Pflüger's Archiv für die ges. Physiolog. 1903, 97, S. 634.

³⁾ *Göppelsröder*, Verhandlungen der naturwissensch. Gesellschaft in Basel, 1901, XIV, S. 114, 103. Interessant ist die Beobachtung von *E. Fischer* und *E. Schmidmer*, daß verschiedene Doppelsalze durch Aufsteigen im Filtrierpapier zerlegt werden, derart, daß das schneller diffundierende Salz höher steigt (*Liebig's Annalen der Chemie*, Bd. 272, S. 156).

kraft. Vermutlich beruht hierauf auch die Fähigkeit der Emulsionscolloide, aus verdünnten Lösungen relativ mehr zu absorbieren als aus konzentrierten, weil in verdünnter Lösung die Aufteilung des Colloids in seine feinsten Teilchen intensiver, also die Gesamtoberfläche größer sein muß. Überdies besitzen nach der gut begründeten Meinung von O. Bütschli, die sich auf mikroskopische Beobachtungen stützt, alle quellbaren Körper eine fein-wabenartige Struktur (s. *Gesch. d. Humuss.* S. 94). Ihre Substanz ist „dicht durchsetzt von äußerst kleinen Hohlräumchen, die nach den Gesetzen der Schaumbildung zusammengefügt sind, dem entsprechend also durch sehr zarte Lamellen der Substanz des quellbaren Körpers von einander geschieden werden.“ Die Dicke dieser Lamellen kann auf ca. $0,1 \mu$ geschätzt werden, während der Durchmesser der Hohlräumchen in der Regel 1μ kaum überschreitet. Das Wasser ist in zweierlei Art in solchen Colloiden verteilt. Der eine Teil wird zwischen den Lamellen infolge einer besonderen Anziehungskraft der quellenden Substanz zum Wasser festgehalten; der andere Teil erfüllt die kleinen Hohlräume, die Waben zwischen den Lamellen.¹⁾ Wenn die quellbaren Colloide mit freien Alkalien oder mit Salzlösungen begossen werden, so kommt für die Absorption der Salze nicht allein die chemische Beschaffenheit der Lamellen in Frage, sondern auch die Diffusionsfähigkeit der Lösungen durch die Lamellen in die Hohlräume. In der Regel diffundiert das Wasser leichter in die Waben ein als eine Salzlösung. Läßt man deshalb solche Colloide mit Salzlösungen stehen, so wird die Salzlösung konzentrierter. Diese Konzentrierung von Salzlösungen ist nicht nur an vielen unorganischen Colloiden, sondern auch bereits an Sphagnum-Moostorf von König nachgewiesen.²⁾

Durch den eigentümlichen Waben- oder Micellenbau der Colloide wird aber auch die Aufspaltung der Salze in Säure und Basis begünstigt. Sind die feinen Membranen oder Lamellen semipermeable Wände, so können je nach Beschaffenheit (nach der elektrischen Ladung?) dieser Wände entweder Säuren oder Basen in die inneren Hohlräume hineindiffundieren. So kann es nach Versuchen von Hamburger, von Limbeck, Gürber, Köppe u. a. als

¹⁾ O. Bütschli, Über den Bau quellbarer Körper und die Bedingungen der Quellung. *Abhandlungen der Gesellsch. der Wissensch. zu Göttingen, phys. math. Kl.*, 40. Bd. Weitere Literatur *Gesch. d. Humuss.*, S. 120. Näheres über die Quellungserscheinungen s. bei Müller, *Allg. Chemie der Colloide*, Leipzig 1907, S. 98.

²⁾ König, *Landw. Jahrbücher* XI, 1882, S. 32.

erwiesen gelten, daß die Plasmahaut der Blutkörperchen für Säuren (oder Anionen) durchlässig ist.¹⁾ Andererseits dürfte für die Pflanzen eine Durchlässigkeit der Zellhaut und Protoplasmahaut für Basen (oder Kationen) notwendig sein, weil die Pflanzen viel mehr Basen als Säuren zum Aufbau ihres Körpers bedürfen. Eine besonders starke Absorptionskraft (und zwar für Basen) finden wir bei colloidaler Kieselsäure (oder Siliciumoxydhydrat), für welche O. Bütschli die Wabenstruktur sicher nachgewiesen hat.

Van Bemmelen hat die Eigenschaften des colloidalen Siliciumdioxids am eingehendsten studiert und namentlich auch Beobachtungen über dessen Absorptionsvermögen angestellt. Diese Absorptionserscheinungen seien kurz angeführt, weil sie sich bei colloidalem Mangandioxyd und Zinnoxid ebenso wie bei Sphagnen und Moostorf wieder finden. Zunächst ist zu beachten, daß diese quellbaren Colloide oder Gallerten die absorbierten Stoffe länger und fester zurückhalten als nicht quellbare, wie Kohle und Filtrierpapier. Zwar ist auch „bei den Gallerten die Bindung verhältnismäßig schwach, aber doch stark genug, um erst durch oft erneuertes Wasser oder durch langes Ausspülen die gebundenen Substanzen aus dem Gel entfernen zu können. Das Wasser des Gels enthält die gebundenen Substanzen (Säuren, Basen, Salze). Beide Molekül-Wasser und Molekül-Säuren etc., werden stärker festgehalten, als die Anziehung der übrigen Wassermasse auf dieselbe beträgt.“ Offenbar hängt die Erscheinung mit der Diffusion in die Wabenräume des Colloids zusammen. Es ist Zeit notwendig, bis sich die Diffusion vollzogen hat und wiederum Zeit, um die eindiffundierten Salze, Basen und Säuren durch reines Wasser zu entfernen. Die Hydrogele des Siliciumdioxids, des Mangandioxids, des Zinnoxids haben als negative Colloide ein stärkeres Absorptionsvermögen für die Basen (mithin eine bessere Diffundierfähigkeit) als für die Säuren und sind deshalb imstande, die Basis den dissociierten Salzlösungen zu entnehmen und die Säuren abzuschneiden, ganz ebenso wie Sphagnum und Moostorf. Colloidales Siliciumoxydhydrat (Kieselsäure) zerlegt wässrige Lösungen von K_2CO_3 , Na_2HPO_4 und $CaCO_3$, indem es eine gewisse Menge KOH , $NaOH$, $Ca(OH)_2$ entzieht; es bildet sich eine äquivalente Menge Bicarbonat oder primärer Phosphate, die im

¹⁾ Wenn man Blutkörperchen in isotonische Lösungen von Natriumsulfat, -Chlorid, -Nitrat etc. suspendiert und leitet Kohlensäure ein, so wird die Flüssigkeit stark alkalisch, indem die Säure in die Substanz der Blutkörperchen eindringt. Näheres hierüber vgl. bei Höber, Physikal. Chemie der Zelle und der Gewebe, Leipzig 1906, S. 303 u. ff. Dasselbst auch Literaturangaben.

Wasser gelöst bleiben. Colloidales Mangandioxyd zerlegt auch Chlorkalium, salpetersaures und schwefelsaures Kalium, indem es die Basis aufnimmt und die Säuren in Freiheit setzt.¹⁾

Bei dieser Absorption und Diffusion kann von keiner Salz- bildung die Rede sein. Denn von dem Colloid wird die Basis nicht nach stöchiometrischen Gesetzen gebunden. Vielmehr folgt das Colloid den sub 1 und 4 erwähnten Absorptionsgesetzen, daß aus verdünnten Lösungen relativ mehr Basis gebunden wird als wie aus konzentrierten und daß größere Mengen Colloid relativ weniger Basis aufnehmen als kleinere. Man kann die in einem Colloid enthaltene Basis auch leicht durch eine andere Basis verdrängen. So läßt sich der im Siliciumoxydhydrat enthaltene unlösliche Kalk sehr leicht ver- mittels einer Lösung eines Kalium- oder Natriumsalzes verdrängen. Es bildet sich lösliches Kalksalz und das Alkali wird durch das Colloid unlöslich festgehalten. Behandelt man jetzt das Colloid mit viel Wasser, so kann man auch das Kali oder Natron wieder durch Wasser verdrängen und die ursprüngliche Absorptionskraft des Colloids für Basen wieder ganz oder teilweise herstellen.

Dies ist ein durchgreifender Unterschied gegen- über den Säuren; man kann aus keinem unlöslichen Kalksalz mit Salzlösungen der Alkalien ein unlös- liches Kali- oder Natronsalz darstellen und aus diesen Salzen mit Wasser wieder die Alkalien in Freiheit setzen und die ursprüngliche Säure zu- rückgewinnen. Auch ist keine unlösliche Säure bekannt, die aus Lösungen der Kali- und Natronsalze mit starken unorganischen Säuren die Alkalien aufnimmt, sie unlöslich macht und die Mineral- Säure abscheidet.

8. Schulzes Fällungsregel. Daß die negativen Colloide keine Säuren sind, die sich mit Basen in stöchiometrischen Ver- hältnissen verbinden, geht auch aus ihrem merkwürdigen Ver- halten gegen ein- und mehrwertige Metalle hervor. Wenn man ein suspendiertes Colloid durch Salzlösungen fällt, so bringen gleich- wertige Metalle zwar ungefähr die gleiche Wirkung hervor; mehr- wertige Metalle wirken jedoch weit intensiver als die einwertigen (Schulzes Fällungsregel). So braucht nach Freundlich eine col- loidale Lösung von Arsentrisulfid zur Ausflockung 71,2 Millimole Chlornatrium und 67 Millimole Jodkalium, während von den Salzen zweiwertiger Metalle (Beryllium, Magnesium, Calcium, Zink) schon ein Millimol zur Ausfällung genügt und von Salzen dreiwertiger

¹⁾ van Bemmelen, Die landw. Versuchsstationen, 1888, S. 84, Tabelle.

Metalle (Aluminium, Cer) nur 0,13 Millimol notwendig ist. Die Fällung und damit auch jedenfalls die Absorption der Metalle am Colloid steht mithin nicht im Verhältnis zur Wertigkeit. Zwar tauschen sich Metalle, die bereits am Colloid absorbiert sind, nach stöchiometrischen Verhältnissen aus; bei der Absorption selbst aber werden mehrwertige Metalle unverhältnismäßig stärker festgehalten als einwertige. Man hat diese Eigentümlichkeit auf die verschiedene elektrische Ladung der Ionen zurückgeführt. Wir wollen hier auf die mögliche Erklärung dieser Vorgänge nicht eingehen. Es genügt vorerst die Tatsache zu registrieren, daß die Salze mehrwertiger Metalle verhältnismäßig viel stärker koagulieren, mithin mehrwertige Metalle und Metallsalze relativ viel stärker absorbiert werden, als einwertige.¹⁾

9. Altern der Colloide, Hysteresis. Man beobachtet bei colloidalen Lösungen ungemein häufig, daß sich das Colloid ganz allmählich, innerhalb Wochen und Monate, vom Lösungsmittel trennt und sich in Flocken absetzt, ohne daß eine äußere Einwirkung stattgefunden hat. Die Erscheinung kann durch geringe Mengen von Elektrolyten hervorgerufen werden. Denn im Laufe langer Zeit können kleine Elektrolytmengen dasselbe bewirken, was große Mengen in kurzer Zeit, in Stunden und Minuten leisten. Das „Altern“ ist in diesem Fall nur „eine proahierte Ausfällung, eine wegen der Kleinheit der aktiven Massen nur äußerst langsame Fällungsreaktion.“²⁾ Die Hysteresis ist von van Bemmelen auch bei der Kieselsäuregallerte nachgewiesen worden. Sie äußert sich bei quellungsfähigen Körpern darin, daß allmählich die Absorptionskraft für Wasser und Basen abnimmt. Die Säureerscheinungen schwinden also allmählich etwas bei negativen Colloiden, während gewöhnliche Säuren ihren Säuregehalt nicht ändern, wenn sie längere Zeit stehen bleiben.

10. Veränderung der negativen Colloide durch Lösen in Alkalien. Negative Colloide können durch Behandlung mit positiven Elektrolyten, z. B. Kieselsäure mit Natronlauge, Cellulose in Natronlauge ihre colloidale Beschaffenheit ganz oder

¹⁾ Wer sich näher für diese Erscheinungen interessiert, vgl. Schulze, Schwefelarsen in wässriger Lösung, *Journal f. prakt. Chem.* 1882, 133. Bd., S. 431, und Antimontrisulfid in wässriger Lösung, *ibid.* 1883, 135., S. 320. Freundlich, *Zeitschr. f. physikal. Chem.*, 44. Bd., 1903, S. 135 und die Lehrbücher: Höber, *Physikal. Chemie der Zelle und Gewebe*, S. 218 u. ff., Michaelis in *Physik. Chemie u. Medizin*, II. Bd., S. 366 u. ff., W. Ostwald, *Grundzüge der Colloidchemie*, Dresden 1909, S. 279, 494 u. ff.

²⁾ Höber, *Physikal. Chemie der Zelle und der Gewebe*, S. 225.

teilweise einbüßen, indem sie in Pseudolösungen, schließlich vielleicht auch in echte Lösungen übergehen. Sie zeigen dann bei ihrer Wiederausfällung auch veränderte Absorptionswirkungen, gemäß der neuen Oberflächengestaltung des Colloids. Im Gegensatz hiezu werden wirkliche Säuren durch Lösen, Fällern und wiederholte Darstellung in ihrer Verwandtschaft zu Basen (Affinität) nicht beeinträchtigt.

11. Veränderung der Absorptionskraft der Colloide durch Austrocknen. Werden Colloide ausgetrocknet, so verändert sich ebenfalls ihre Struktur infolge des Wasserverlustes; die Waben schrumpfen zusammen. Mit dieser Veränderung der Oberfläche wird in der Regel auch das Quellungsvermögen der Colloide dauernd beeinträchtigt und damit die Absorptionskraft vermindert.¹⁾ Sie nehmen dann auch weniger Wasser und weniger Basen auf als vorher, während Säuren durch Trocknen ihre Basicität nicht verändern, wenn sie nicht vielleicht durch die Hitze zersetzt werden.

12. Elektrische Erscheinungen bei Colloiden; Einwirkung der Elektrizität und des Lichtes auf die Colloide. Auf rein physikalische Vorgänge muß die eigentümliche Erscheinung zurückgeführt werden, daß sich zwei Colloide, d. i. zwei ungelöste, nur suspendierte Körper, gegenseitig ausfällen können, besonders dann, wenn sie verschiedenen elektrischen Ladungssinn besitzen. Demnach kann die Wirksamkeit eines Colloids dadurch geschwächt oder aufgehoben werden, daß man ein anderes Colloid, also einen anderen neutralen (bezw. amphoteren) Körper damit in Berührung bringt. So werden z. B. 24 mg colloidales Arsentrisulfid ausgefällt durch 2 mg colloidales Aluminiumhydroxyd oder 13 mg colloidales Eisenhydroxyd oder durch 6,5 mg colloidales Chromoxyd.²⁾ Diese Eigenschaft der Colloide kann als ein wichtiges Merkmal zur Unterscheidung der Colloide von den Säuren dienen. Denn um die scheinbare Acidität der negativen Colloide zu entfernen, sind gar keine alkalische Substanzen nötig; neutrale Körper können dasselbe bewirken, wenn sie nur colloid und womöglich entgegengesetzter Ladung sind.³⁾ Daß durch elektrische Entladungen überhaupt die Colloide koaguliert (gefällt) und in ihrer Absorptionskraft geschwächt werden, geht aus zahlreichen älteren und

¹⁾ van Bemmelen hat die Veränderung des Absorptionsvermögens durch Austrocknen beim Kieselsäureregel nachgewiesen. Zeitschr. f. unorg. Chemie 1898, 18, S. 122.

²⁾ Vgl. Arthur Müller, Allg. Chemie der Colloide, S. 77.

³⁾ Es fallen sich aber auch viele Colloide gegenseitig aus, die im gleichen Sinn elektrisch geladen sind.

neueren Versuchen hervor. Hat ja schon Sprengel 1826 beobachtet, daß sich die in Wasser gelöste „Humussäure“, die offenbar ein colloider Körper war, bei der Elektrolyse am positiven Pol abscheidet und zugleich die Eigenschaften annimmt, als wäre sie durch Hitze ausgetrocknet (Gesch. d. Humuss. S. 56). Die Humussäure hatte also durch den elektrischen Strom ihre große Oberfläche und damit auch ihre Absorptionskraft und ihre Säureeigenschaften mehr oder minder verloren.

Hierher gehört auch die Koagulation der Colloide durch strahlende, elektrische Energie. Nach Hardy, V. Henri und A. Mayer u. a. können positive Colloide durch die negativen β -Strahlen des Radiums koaguliert werden.¹⁾ Dem entspricht die Beobachtung von Pappadà, daß negative Colloide durch die positiven α -Strahlen des Radiums ausgefällt werden.²⁾ Auch durch Belichtung, namentlich durch ultraviolettes Licht, können Kongulationen der Colloide eintreten.³⁾ Doch bringt das Licht seinen Einfluß nur langsam und allmählich zur Geltung. In allen diesen Erscheinungen unterscheiden sich die Colloide von den Säuren. Die Affinität der Säuren zu den Basen wird wohl nur in den seltensten Fällen durch schwache elektrische Entladungen oder durch das Licht beeinflußt und überhaupt nur dann, wenn die Säure zersetzt wird.

Wir wollen nun prüfen, ob die Sphagnum- und Humussäuren Colloide sind.

2. Die elektrische Leitfähigkeit von Sphagnen und Moostorf.

Den wirksamen Bestandteil der Säuren in wässriger Lösung bilden nach der Jonentheorie die freien Wasserstoffjonen, die sich von dem Säurejon (oder aus dem Wasser) abdissoziieren (s. S. 54). Je mehr freie Wasserstoffjonen in einem bestimmten Volum Flüssigkeit enthalten sind, um so stärker muß die Säure sein. In konzentrierten Lösungen sind die verschiedenen Säuren nicht in gleichem Grade dissociiert, deshalb ist hier auch ihre Stärke verschieden. In stark verdünnten Lösungen sind Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure nahezu völlig dissociiert. Äquivalente Lösungen dieser stark verdünnten Säuren besitzen dann auch die gleiche Stärke. Indem die Säuren sich in wässriger Lösung in ihre Ionen, in Elektrizitätsträger, spalten, erhalten sie zugleich die Fähigkeit,

¹⁾ Vgl. Wo. Ostwald, Grundzüge der Colloidchemie, S. 472.

²⁾ Pappadà, Zeitschr. f. Colloidchemie, 4, 1909, S. 214.

³⁾ Dreyer und Hansen, Compt. rend. 145, 1907, 234. L. Michaelis, in Hofmeister's Beiträge z. chem. Physiol., 8, 1906, 40, vgl. auch Dölter, Das Radium und die Farben, Dresden 1910, S. 93 u. ff.

den elektrischen Strom zu leiten. Der Strom wird natürlich um so besser geleitet, je mehr freie Ionen in der Lösung vorhanden sind; stark verdünnte Säuren, die mehr dissociiert sind, zeigen demgemäß eine relativ größere Leitfähigkeit als konzentrierte, und wenn Substanzen in Wasser keine Leitfähigkeit zeigen, so können sie auch keine Säurewirkungen hervorbringen.

An der Leitfähigkeit der Sphagnen und des Moostorfes für den elektrischen Strom sollte man demnach erkennen können, ob freie Säuren darin wirksam sind.

Besitzen Sphagnen und Moostorf im Wasser elektrische Leitfähigkeit, so kann möglicherweise diese Fähigkeit von freien Wasserstoffjonen herrühren; die Zersetzung der Karbonate, die Lösung der unlöslichen Phosphate, die Abspaltung von Säuren aus Salzen, die Reaktion gegen Lackmus könnte dann vielleicht durch Wasserstoffjonen hervorgerufen sein und wir dürften die Anwesenheit freier Säuren wenigstens vermuten, wenn auch nicht als sicher annehmen, weil auch Basen und Salze, die aus Sphagnen und Torf mit Wasser sich lösen, eine gute Leitfähigkeit für den elektrischen Strom besitzen. Zeigen aber Sphagnen und Moostorf in Wasser keine Leitfähigkeit, so steht fest, daß keine freien Wasserstoffjonen abgespalten sind. Sphagnen und Moostorf können dann keine Säurewirkungen ausüben und wenn sie dennoch Karbonate zersetzen und Phosphate lösen etc., so müssen diese Erscheinungen auf andere Ursachen zurückgeführt werden.

Die Bestimmung des elektrischen Leitungsvermögens von Lösungen ist im letzten Jahrzehnt in den organischen und physiologischen Laboratorien ein wichtiges, ja unentbehrliches Hilfsmittel der Forschung geworden. Die ursprünglich schwierige Bestimmungsmethode ist durch Kohlrausch so vervollkommenet und vereinfacht worden, daß sie jetzt ohne viel Übung angewandt und in kürzester Zeit durchgeführt werden kann.¹⁾

Der Apparat, den wir benützten, stammt aus der Fabrik von Hartmann und Braun in Frankfurt a. Main. Seine Konstruktion ist in verschiedenen Lehrbüchern ausführlich beschrieben.²⁾ Wir

¹⁾ Noch bequemer soll nach Bayliss (Das Wesen der Enzymwirkung, Dresden 1910) der Apparat von Wetham sein mit rotierendem Commutator (Phil. Trans. 194, A. 1900, 321) „weil es dadurch unnötig wird, die Elektroden mit Platinschwarz zu bedecken, das eine gewisse zerstörende Wirkung auf manche Substanzen ausübt.“

²⁾ Über die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit und die hiebei gebrauchten Apparate vergl. Kohlrausch und Holborn, „Das Leitvermögen der Elektrolyte“, Leipzig 1898, Teubner. Der von uns verwendete Apparat von Hartmann und Braun ist abgebildet und von Arndt genau beschrieben in Th. Weyl, „Die Methoden der organischen Chemie“, Leipzig 1909, I, S. 334 und ff.

brauchen deshalb nicht näher darauf einzugehen, sondern teilen so-
gleich die damit erzielten Ergebnisse mit.

Nur einige Bemerkungen zum Verständnis der gefundenen
Zahlenwerte müssen wir vorausschicken, weil die Leitfähigkeits-
bestimmung noch in den meisten agrikulturchemischen Laboratorien
unbekannt ist.

Die elektrische Leitfähigkeit wird gemessen an dem Widerstand,
den der zu untersuchende Körper der Leitung des elektrischen
Stromes entgegensetzt. Je größeren Widerstand ein Körper leistet,
desto geringer ist sein Leitvermögen. Nach den getroffenen Verein-
barungen ist das Leitvermögen (κ) eines Körpers = 1, wenn ein
Würfel dieses Körpers von 1 cm Kantenlänge dem elektrischen
Strom einen Widerstand von 1 Ohm leistet. Die bestleitende
Schwefelsäure (ca. 30 %ig) hat bei 40° C fast genau dieses Leit-
vermögen 1, während es bei 18° nur 0,7417 beträgt. Aus der
Tabelle von Kohlrausch (a. a. O. S. 154 und ff.) berechnet
sich das Leitvermögen bei 18° C

von einer 5 %igen Salzsäure . . .	zu 0,3948
„ „ 6,2 „ Salpetersäure . . .	„ 0,3123
„ „ 5 „ Schwefelsäure . . .	„ 0,2085
„ „ 5 „ Essigsäure . . .	„ 0,001227
„ „ 5 „ Propionsäure . . .	„ 0,000925
„ „ 5 „ Buttersäure . . .	„ 0,000864

während eine 1%ige Essigsäure nur mehr das Leitvermögen 0,000584,
eine 0,5%ige Essigsäure nur mehr das Leitvermögen 0,000318
besitzt. Für gereinigtes, destilliertes Wasser, wie es gewöhnlich zu
Leitfähigkeitsbestimmungen dient, ist eine Leitfähigkeit von 0,000001
anzunehmen.

Wir sehen also, daß starke Säuren ein gutes und schwache
ein schlechtes Leitvermögen für den elektrischen Strom besitzen,
weil starke Säuren viel stärker dissociiert, in ihre Ionen gespalten
sind, als schwache. Der Grad der Dissociation der einzelnen Säuren
tritt deutlich hervor, wenn man ihre Äquivalentleitfähigkeit be-
rechnet. Man braucht zu diesem Zweck nur die obigen Zahlen
mit der entsprechenden Anzahl der Grammäquivalente in 1 Kubik-
centimeter (η)¹⁾ zu dividieren und findet dann die Äquivalentleitfähig-
keit ($A = \frac{\kappa}{\eta}$). Wenn man außerdem noch die Säuren in ver-

¹⁾ Die Äquivalentkonzentration einer Normallösung pro cc ist demnach
0,001, wenn für Normallösungen die Äquivalentkonzentration pro l = 1 ange-
nommen wird. Eine 5%ige Salzsäure enthält 1,4 Grammäquivalente im l oder
0,0014 im cc, ihre Äquivalentleitfähigkeit ist demnach $\frac{0,3948}{0,0014} = 282$.

schiedener Konzentration unter sich vergleicht, z. B. die verschiedenen Normallösungen, so erkennt man deutlich, wie alle Säuren durch Wasserzusatz der gleichen Äquivalentleitfähigkeit, d. i. der vollkommenen Dissociation, zustreben. In unendlicher Verdünnung müßten alle Säuren gleich dissociiert und gleich stark sein.

Nach einer Tabelle von Kohlrausch (a. a. O. S. 160) ist die Äquivalentleitfähigkeit bei

	Salzsäure	Salpetersäure	Schwefelsäure ($\frac{\text{SO}_4\text{H}_2}{2}$)	Essigsäure
in 2fach Normallösung	254	258	183	0,8
in Normallösung . .	301	310	198	1,32
in $\frac{1}{10}$ Normallösung .	351	350	225	4,60
in $\frac{1}{100}$ Normallösung .	370	368	308	14,3
in $\frac{1}{1000}$ Normallösung	377	375	361	41

Salz- und Salpetersäure sind hiernach gleich starke Säuren und schon in relativ konzentrierter Lösung weitgehend dissociiert. Die Schwefelsäure ist in den konzentrierten Lösungen erheblich schwächer, erreicht aber in $\frac{1}{1000}$ Normallösungen den Dissociationsgrad und damit die Stärke der beiden anderen Säuren. Die Essigsäure, die in zweifacher Normallösung noch recht wenig in Ionen gespalten ist, dissociiert sich mit steigender Verdünnung relativ weit mehr als die übrigen Säuren, ist jedoch in $\frac{1}{1000}$ Normallösung noch bei weitem nicht auf dem Dissociationsgrad der unorganischen Säuren angelangt; sie hat in $\frac{1}{10000}$ Normallösung erst die Äquivalentleitfähigkeit 107, und nur durch Rechnung läßt sich zeigen, daß sie bei äußerster (unendlicher) Verdünnung gleichfalls den Dissociationsgrad der übrigen Säuren erreichen muß.¹⁾

Bei der Untersuchung von Sphagnen und Moostorf kann natürlich von einer Bestimmung der Äquivalentleitfähigkeit keine Rede sein. Ist doch die Existenz von Säuren in diesen Substanzen überhaupt fraglich und von einem Äquivalentgewicht ist nichts bekannt, wenn man nicht etwa auf die alten ungemein verschiedenen Formeln von Detmer, Hermann, Berthelot und André etc. für die Humussäuren zurückgreifen will, deren Haltlosigkeit sich bereits herausgestellt hat (Gesch. der Humuss. S. 80, 91).

Zeigt sich überhaupt eine Leitfähigkeit, so müßte sie ungefähr gleich sein der Leitfähigkeit einer schwachen organischen Säure,

¹⁾ Näheres hierüber vergl. die Lehrbücher für allgem. und phys. Chemie, z. B. Nernst, Theoretische Chemie, Stuttgart 1909, S. 506 u. ff., Ostwald, Grundriß der allg. Chemie, 4. Aufl., 1909, S. 433 u. ff., Traube, Grundriß der phys. Chemie, Stuttgart 1904, S. 179.

die gegenüber Karbonaten oder Phosphaten die gleiche Wirksamkeit entfaltet, wie Sphagnen und Moostorf. Nach den Versuchen von Tacke und Minssen wäre die Aufschließungskraft der „freien Humussäure“ des naturfeuchten Moostorfes im Maybuscher Moor gegenüber Phosphaten ungefähr gleich zu setzen einer $\frac{1}{2}$ prozentigen oder etwas stärkeren Essigsäure. Als man nämlich 50 g trocken gedachten Torf mit 750 cc Wasser drei Tage lang auf 100 mg Phosphorsäure von Algierphosphat oder Avesguanophosphat einwirken ließ und in gleicher Weise diese Phosphate mit $\frac{1}{2}$ %iger Essigsäure behandelte, lösten sich annähernd dieselben Mengen Phosphorsäure auf. Sphagnen und Moostorf müßten also ungefähr die Leitfähigkeit einer 0,5 prozentigen Essigsäure = 0,000318 zeigen (s. oben), wenn auf ein Teil Trockensubstanz 15 Teile Wasser angewandt werden.¹⁾

Den ersten Versuch über die Leitfähigkeit eines stark sauren Hochmoortorfes aus den Chiemseehochmooren hat Herr Professor Dr. Hofer im elektrochemischen Laboratorium der techn. Hochschule in München i. J. 1908 angestellt (Gesch. d. Humuss. S. 107). Dieser Sphagnuntorf war ohne Wasserzusatz untersucht worden, jedoch in frischem Zustand, nachdem er zuvor durch eine kleine Wurstmachine zu einem gleichförmigen Brei verarbeitet war. Er enthielt auf 1 Teil Trockensubstanz ca. 9 Teile Wasser. Er zeigte keine Leitfähigkeit, obwohl er fast genau die gleiche Menge „freie Humussäure“ enthielt wie der Maybuscher Torf.

Dieser vereinzelte Versuch hatte jedoch nur zur allgemeinsten Orientierung gedient; denn es war ursprünglich damit nur beabsichtigt zu prüfen, ob sich die elektrische Leitfähigkeit nicht vielleicht zur Bestimmung der „freien Humussäure“ verwenden lasse, an deren Existenz wir damals noch festhielten. Da anzunehmen war, daß verhältnismäßig große Mengen freier Säuren vorhanden sein müßten, waren keine Vorsichtsmaßregeln getroffen, um eine geringe Leitfähigkeit nachzuweisen. Bei Wiederaufnahme der Versuche aber wurden Einrichtungen angewandt, mit denen auch eine geringe Leitfähigkeit gemessen werden konnte. Eine geringe Leitfähigkeit ist in neuester Zeit auch für die meisten Colloide nachgewiesen worden, denen man früher jede Leitfähigkeit abgesprochen hatte.²⁾

¹⁾ Tacke und Minssen, Die Löslichkeit der Phosphorsäure aus Thomas-mehl und Rohphosphaten im Hochmoor etc. Mitteilungen über die Arbeiten der Moorversuchstation Bremen, IV. Bericht, Landw. Jahrb. Suppl. 1898 S. 404.

²⁾ Nach Duclaux ist schon wegen der Erscheinungen der Kataphorese, die eine elektrische Ladung der Colloide anzeigt (Gesch. d. Humuss. S. 120) die

Nach Einschaltung eines geeigneten Widerstandsgefäßes und eines hohen Vergleichswiderstandes (1000 Ohm) wurde dann auch eine geringe elektrische Leitfähigkeit sowohl bei Sphagnen als Moostorf gefunden. Vier frische Proben aus unkultiviertem Hochmoor am Chiemsee wurden in der Wurstmachine zu einem Brei zerkleinert und zeigten dann folgende Leitfähigkeit bei 18° C:

Probe	I	0,0001	wiederholt geprüft	0,00012
"	II	0,000105		
"	III	0,000105		
"	IV	0,0001		

während lebende Sphagnen, in derselben Weise behandelt, eine Leitfähigkeit von 0,00013 ergaben. Sphagnen und Moostorf zeigen also nicht die Leitfähigkeit einer 0,5 %igen Essigsäure, sondern ungefähr nur die einer zehnmal so stark verdünnten Essigsäure. Wir können also nicht annehmen, daß die Humus- oder Sphagnumsäure die gleiche Menge Wasserstoffjone abdissoziiert als eine Essigsäure, welche die gleichlösende Wirkung auf Phosphat ausübt.

Nun war aber bei diesen Versuchen ungefähr die doppelte Menge Trockensubstanz verwendet als bei den Versuchen von Tacke und Minssen. Außerdem ist es höchst wahrscheinlich, daß die beobachtete Leitfähigkeit größtenteils auf die Anwesenheit von Elektrolyten (Basen, Mineralsäuren) zurückzuführen ist, die ja in Sphagnen und Moostorf vorkommen und schon durch Wasser und verdünnte Säuren zum großen Teil in Lösung gebracht werden können.

Um hierüber Klarheit zu gewinnen, wurde Hochmoortorf einerseits mit CO₂haltigem Wasser, andererseits mit verdünnter Salzsäure ausgewaschen und dann geprüft, ob hiedurch die Leitfähigkeit verändert wird. Diese Versuche wurden von Herrn Assistenten Dr. Ibele ausgeführt, der bei allen Arbeiten über die elektrische Leitfähigkeit beteiligt war.

- a) Hochmoortorf vom Chiemsee. Eine 1,5 g Trockensubstanz entsprechende Menge unter Einleiten von CO₂ viermal mit je 1,5 Liter Wasser ausgerührt. Das jeweils abzugießende Wasser wurde filtriert, auf demselben Filter dann der Torf gesammelt, das überschüssige Wasser abgesaugt. Der Inhalt

Leitfähigkeit eine theoretische Notwendigkeit. Duclaux hat sie an 70 verschiedenen Colloidlösungen nachgewiesen, vergl. Kolloid Zeitschr. 1905, III, 130, auch Wo. Ostwald, Grundr. d. Colloidchemie 1909, S. 243.

der Filter wurde möglichst vollständig in das Widerstandsgefäß von 25 cc Inhalt gebracht; die Leitfähigkeit betrug jetzt

Probe I 0,00000979

„ IV 0,00001146

- b) Hochmoortorf vom Chiemsee. Eine gleiche Menge Torf wie bei a mit 100 cc $\frac{1}{10}$ N.-Salzsäure drei Stunden geschüttelt, dann auf dem Filter abgesaugt und sorgfältigst mit Wasser ausgewaschen. In das Widerstandsgefäß gebracht war die Leitfähigkeit Probe I 0,000077; Probe IV 0,000124.
- c) Dieselbe Menge Hochmoortorf vom Chiemsee, aber ohne Auswaschung in ursprünglichem Zustand hatte die Leitfähigkeit Probe I 0,0000467; Probe IV 0,0000559.
- d) Sphagnen von Bernau, zwar getrocknet aber nicht ausgewaschen 0,000485, mit CO_2 ausgewaschen 0,0000290.
- e) Moostorf von Triangel, zwar getrocknet aber nicht ausgewaschen 0,000129, mit CO_2 ausgewaschen 0,0000272.

Die elektrische Leitfähigkeit wird also durch Waschen mit Wasser unter Einleiten von CO_2 ganz erheblich vermindert, mithin ist sie zum großen Teil den im Torf enthaltenen Elektrolyten zuzuschreiben.

Sie ist jetzt im Bernauer Moos ungefähr gleich einer 0,00006 prozentigen Essigsäure, also ca. tausendmal schwächeren Säure als sie zu den Versuchen von Tacke und Minssen verwendet worden war.

Durch Behandlung mit verdünnter Salzsäure wird dagegen die Leitfähigkeit nur wenig verändert, weil das Colloid an Stelle der gelösten Basen Salzsäure aufnimmt und festhält.

Man könnte vermuten, daß durch das starke Auswaschen mit Wasser ein Teil der „Humussäure“ entfernt worden sei und daß deshalb die Leitfähigkeit sich vermindert habe. Allein besondere Versuche zeigten, daß der „Säuregehalt“ in den Sphagnen durch Auswaschen nicht vermindert, sondern etwas gesteigert wird, während Moostorf eine ganz geringe Einbuße an „freier Säure“ erleidet.

Der ursprüngliche Säuregehalt mit Calciumacetat, nach S. 51 bestimmt, hatte ergeben:

für Sphagnen 79,33 mg Säurewasserstoff pro 100 g Trockensubstanz
„ Moostorf 100,8 „ „ „ „ „ „

Nach wiederholtem Auswaschen mit CO_2 haltigem Wasser, das nach dem Abdampfen auch saure Reaktion mit Lackmuspapier zeigte, wurde gefunden:

für Sphagnen 85,58 mg Säurewasserstoff pro 100 g Trockensubstanz
 „ Moostorf 96,90 „ „ „ „ „ „

Der Verlust an Leitfähigkeit ist also nicht durch Auswaschen der Sphagnum- und Humussäure hervorgerufen, sondern durch Auswaschen absorbierter Elektrolyte. Aber da eine, wenn auch äußerst geringe, Leitfähigkeit bestehen bleibt, so läßt sich mit Hilfe der Leitfähigkeitsbestimmung niemals der sichere Nachweis der vollkommenen Abwesenheit von Säuren erbringen.¹⁾ Denn, wenn es auch gelingen sollte, die Leitfähigkeit durch sorgfältige Entfernung der Elektrolyte noch weiter herunterzudrücken,²⁾ so wird nach den neuesten Untersuchungen doch den Colloiden selbst eine bestimmte Leitfähigkeit verbleiben, da sie selbst infolge ihrer elektrischen Ladung mit geringen Elektrizitätsmengen behaftet sind. Es wird sich also nie entscheiden lassen, ob diese geringe Leitfähigkeit von Colloiden oder von freien Wasserstoffjonen herrührt. Da aber die Leitfähigkeit bei Sphagnen und Moostorf minimal ist, so müßte die Säure außerordentlich schwach sein und damit läßt sich keinesfalls die Zersetzung der Karbonate, Acetate und Salze der Mineralsäuren in Einklang bringen.

Es erschien von Interesse, auch die elektrische Leitfähigkeit eines echten „säurefreien“ Niederungsmoores zu bestimmen. Eine Probe aus dem Versuchsfeld Karlshuld im Donaumoos zeigte in gleicher Weise, wie soeben beschrieben, untersucht

im natürlichen Zustand die Leitfähigkeit	0,000062
mit HCl und Wasser ausgewaschen die Leitfähigkeit	0,000075
„ CO ₂ „ „ „ „ „	0,0000206

Das Niederungsmoor, das keine „freie Humussäure“ enthält, zeigt also zumeist eine bessere Leitfähigkeit als das Hochmoor! Man kann hieraus schließen, daß das Leitvermögen, soweit es

¹⁾ Auch nicht nach der interessanten Methode von Sjögvist und Walter Neumann, der die Anwendbarkeit der elektr. Leitfähigkeit zur Bestimmung der Äquivalentgewichte schwacher Säuren eingehend besprochen und nachgewiesen hat, daß die Peptone nicht zu den Pseudosäuren gehören. Diese Methode beruht auf Austitrierung mit Laugen nach Angaben von Kohlrausch und kann schon deswegen nicht verwendet werden, weil Sphagnen und Moostorf unlöslich sind und Kohlensäure mit Laugen entwickeln, wodurch die Ergebnisse der Leitfähigkeitsbestimmung unbrauchbar werden. Vergl. Zeitschr. f. physiol. Chemie, 45, 1905, S. 224.

²⁾ Daß durch Anwendung konzentrierter Salzsäure erheblich mehr Elektrolyte, speziell Phosphorsäure in Lösung gehen würden, geht aus den Versuchen von Wiklund „Über die Phosphorsäure im Moorboden“ hervor, Mitt. über die Arbeiten der Moorversuchsstation Bremen, III. Bericht Landw. Jahrb. 1891, Suppl. S. 540.

nach Auswaschen des Bodens mit kohlenensäurehaltigem Wasser noch zur Beobachtung kommt, fast ausschließlich durch festgehaltene Elektrolyte und durch das Colloid selbst — nicht aber durch freie Wasserstoffjonen — verursacht wird.

Eine definitive Aufklärung wird aber erst durch ein genaueres Studium über das Verhalten der Basen zu den Moorsubstanzen zu gewinnen sein. Die nachstehend beschriebenen Versuche sollten entscheiden, ob es sich hiebei um eine Salzbildung oder um Absorption handelt.

3. Salzbildung oder Absorption bei der „Neutralisierung“ der Sphagnen und des Moostorfes mit Basen.

Die „freie Säure“ in Sphagnen und schlecht zersetztem Moostorf haben wir, wie bereits erwähnt, in der Weise „bestimmt“, daß wir verdünnte Natronlauge in geringem Überschuß über die Moorsubstanzen goßen und nach 2—3 stündiger Digestion den Rest der freien Natronlauge mit Phenolphthalein als Indikator zurücktitrierten. Man nimmt bis jetzt an, daß sich dabei ein Natronsalz der in den Moorsubstanzen enthaltenen Säure bilde. Dagegen spricht jedoch vor allem, daß das Natron durch diesen Vorgang unlöslich gemacht wird, während die Natronsalze fast aller bekannten organischen Säuren in Wasser leicht löslich und stark dissociiert sind. Handelt es sich dennoch um eine Salzbildung, dann müßte man doch bei Bestimmung der Säure in den Sphagnen oder im Moostorf, auf eine Einheit gerechnet, immer den gleichen Säurewert finden, ob man nun eine größere oder geringere Menge der Moorsubstanzen zur Untersuchung verwendet. Denn die Salzbildung erfolgt nach stöchiometrischen Verhältnissen. Man müßte auch die gleichen Säuremengen finden, wenn man Natronlauge in verschiedener Konzentration verwendet oder statt Natronlauge eine andere Basis, wie Kalihydrat, Kalk- oder Barythydrat zum Titrieren benützt.

Sind dagegen in Sphagnen und Moostorf Colloide wirksam, dann müssen Absorptionsverbindungen von wechselnder Zusammensetzung entstehen. Eine Bestimmung der Säure durch Titrieren wäre dann überhaupt nicht möglich; denn

1. Bei Anwendung größerer Mengen Sphagnen und Moostorf müßte der durch Titrieren gefundene Prozentgehalt an Säure geringer ausfallen, als bei Verwendung kleinerer Mengen, weil größere Mengen Colloide aus der gleichen Lösung relativ geringere Mengen (Basen, Salze oder Säuren) absorbieren (s. S. 59).

2. Titriert man mit stärkeren alkalischen Lösungen, so müßte man mehr Säure finden, als bei Anwendung von schwachen, weil die Colloide aus konzentrierten Lösungen mehr (Basen, Salze oder Säure) absorbieren als aus verdünnten. Doch wird aus doppelt so konzentrierten Lösungen nicht auch die doppelte Menge Basis absorbiert, sondern weniger (s. S. 59, 63).
3. Titriert man mit Kalkwasser oder Barytwasser, so müßte man gleichfalls mehr Säure finden als durch Titrieren mit gleich starker Kali- oder Natronlauge, weil die Colloide größere Mengen von mehrwertigen Metallen absorbieren, als von einwertigen (gemäß der Schulzeschen Fällungsregel S. 63).

Der Nachweis, ob es sich beim Titrieren um einen Neutralisations- oder Absorptionsvorgang handelt, ob also Säuren oder Colloide in den Sphagnen und Moostorf vorliegen, wäre demnach leicht zu führen. Man braucht nur zu untersuchen, ob man die in Sphagnen oder Moostorf vorhandene „Säure“ mit gleichem Erfolg in kleineren oder größeren Mengen der Moorsubstanzen und bei verschiedenen Konzentrationen der titrierten Lauge bestimmen kann, und ob man zu übereinstimmenden Ergebnissen gelangt beim Titrieren mit den Laugen der Alkalien einerseits und den Laugen der Erdalkalien andererseits.

ad. 1. Titrieren der „Säure“ in verschiedenen Mengen von Sphagnen und Moostorf mit der gleichen Lauge.

In 1,5 sowie in 3 und 6 g lufttrockenen Sphagnen bzw. Moostorf wurde der Säuregehalt durch Titrieren mit Barytwasser bestimmt, indem diese Substanzmengen drei Stunden mit je 200 cc einer annähernd $\frac{1}{10}$ Normal-Barythydratlösung digeriert und im Filtrat die noch vorhandene Alkalinität festgestellt wurde. Auf diese Weise stellte sich pro 100 Teile Trockensubstanz folgender Säuregehalt heraus, ausgedrückt in Säurewasserstoff:

Bei Anwendung von 1,5 g	0,351 g Sphagnen	0,407 g Moostorf
„ „ „ 3	„ 0,323 „	„ 0,364 „
„ „ „ 6	„ 0,282 „	„ 0,320 „

Wir sehen aus diesen Zahlen, daß umsomehr Säure gefunden wird, je weniger man Substanz zur Analyse verwendet und zwar sind die Differenzen sehr beträchtlich. Nimmt man die mit 1,5 g Substanz gewonnenen Ergebnisse = 100 an, so findet man bei Untersuchung von 6 g nur mehr 80 bzw. 79 Teile Säure; die Differenzen belaufen sich mithin auf über 20 % und beweisen, daß

es sich hier nicht um die Neutralisierung einer Säure handeln kann. Denn unter Anwendung von 6 g Substanz müßte man bei einer Säuretitrierung genau die gleiche Menge Säurewasserstoff für 100 Teile Trockensubstanz finden, als bei Anwendung von 3 und 1,5 g Substanz. Wir erkennen aus obigen Zahlen auch bereits, daß durch Titrieren mit Barytwasser weit höhere Zahlen erhalten werden, als mit Natronlauge (vergl. S. 45). Besonders anschaulich zeigt dies aber die folgende Versuchsreihe.

ad. 2 und 3. Titrieren der „Säure“ in Sphagnen und Moostorf mit verschiedenen Laugen bei gleicher Substanzmenge (3 g).

Die Säure in den Sphagnen und im Moostorf wurde nun mit Natronlauge, Kalilauge, Kalkwasser und Barytwasser zu titrieren versucht und zwar wurden verschieden konzentrierte Lösungen verwendet, die annähernd $\frac{1}{10}$ Normal-, $\frac{1}{25}$ Normal- und $\frac{1}{50}$ Normal-Lösungen entsprachen. Es wurden stark verdünnte Lösungen benutzt, um eine Zersetzung der organischen Substanz möglichst zu vermeiden und das Titrieren nicht zu erschweren. Denn die Flüssigkeit färbt sich stets durch Behandlung mit den Laugen mehr oder minder gelb und zwar bei Kali- und Natronlauge viel stärker als bei Kalk- und Barytwasser und beim Torf mehr als bei Sphagnen. Zu allen Versuchen wurde die gleiche Flüssigkeitsmenge verwendet, da aus früheren Versuchen schon bekannt ist, daß die Menge der Flüssigkeit bei allen Reaktionen der Sphagnen und des Moostorfes einen großen Einfluß ausübt. Stets wurden 3 g Substanz mit 200 cc der betreffenden Lauge übergossen und nach dreistündigem Digerieren zurücktitriert. Der Überschuß an freier Lauge war möglichst gering gewählt, so daß die 200 cc der $\frac{1}{50}$ Natronlauge knapp ausreichten, die Neutralisierung zu bewirken. Bei Barytwasser mußten von der $\frac{1}{50}$ Normallauge 210 cc (statt 200) verwendet werden, um überhaupt einen kleinen alkalischen Überschuß zu erhalten. Zurücktitriert wurden je 100 cc der Lösung mit $\frac{1}{10}$ bzw. $\frac{1}{25}$ Normal-Schwefelsäure, die auf die betr. Laugen eingestellt waren.

Auf 100 Teile Trockensubstanz wurden nun folgende Mengen „Säure“-Wasserstoff gefunden:

a) in Sphagnen (mit 81,92 % Trockensubstanz)

	Durch Titrieren mit			
	Natronlauge	Kalilauge	Kalkwasser	Barytwasser
$\frac{1}{10}$ normal . .	0,228 g	0,231 g	— ¹⁾	0,324 g
$\frac{1}{25}$ „ . .	0,182 „	0,181 „	0,259 g	0,241 „
$\frac{1}{50}$ „ . .	0,126 „	0,131 „	0,157 „	0,165 „

b) in Moostorf' (84,58 % Trockensubstanz)

	Durch Titrieren mit			
	Natronlauge	Kalilauge	Kalkwasser	Barytwasser
$\frac{1}{10}$ normal . .	0,260 g	0,260 g	— ¹⁾	0,364 „
$\frac{1}{25}$ „ . .	0,210 „	0,211 „	0,288 „	0,275 „
$\frac{1}{50}$ „ . .	0,139 „	0,139 „	0,155 „	0,169 „

Die vorstehenden Zahlen zeigen natürlich zugleich die Menge der absorbierten Basen an, berechnet auf die Einheit des Säurewasserstoffes, soweit die Basis durch die anziehende Wirkung der Colloide, nicht etwa durch Auswechslung gebunden worden ist. Will man die so absorbierten Mengen Natrium-, Kalium-, Calcium-, Baryumhydrat erfahren, braucht man die Zahlen nur mit den betr. Äquivalentgewichten zu multiplizieren.

Man kann, wie aus diesen Versuchen zu entnehmen ist, die freie Säure in Sphagnen und Moostorf nicht mit titrierten Laugen bestimmen. Denn mit verdünnten Laugen erhält man viel niedrigere Ergebnisse als mit konzentrierteren und mit Kalk- und Barytwasser findet man ganz andere Säuremengen als mit Kali- oder Natronlauge. Die Differenzen belaufen sich unter Berücksichtigung der sub 1 angeführten Versuche bis auf 300 % und darüber. Selbst mit Kalilauge scheinen die Beträge um eine Spur höher auszufallen als mit Natronlauge. Die freien Basen werden mithin nicht nach Äquivalentverhältnissen aufgenommen; es wird keine „Säure“ von bestimmter Acidität „neutralisiert“. In den Zahlen kommen vielmehr die Eigentümlichkeiten zum Ausdruck, welche die Colloide allgemein bei der Absorption zeigen; aus konzentrierten Lösungen wird, um das Absorptionsgleichgewicht herzustellen, mehr Basis an die Colloide angelagert; aber dennoch wird aus verdünnten Lösungen relativ viel mehr Basis gebunden als aus konzentrierten; ebenso wird von mehrwertigen Metallen mehr absorbiert als von einwertigen.

Um die merkwürdige Eigenschaft der Colloide, gerade aus den verdünntesten Lösungen relativ am meisten zu absorbieren, deutlicher hervortreten zu lassen, braucht man nur zu berechnen, wie viel Prozent von den gelösten Basen durch die Absorption entfernt wurden.

Man findet dann beispielsweise, daß von der Gesamtmenge des Kalihydrates, das in den verschiedenen Lösungen enthalten war, folgende Prozente entfernt wurden:

	durch Sphagnen	durch Moostorf
aus der ca $\frac{1}{10}$ N.-Lösung . .	30,5 %	35,5 %
„ „ „ $\frac{1}{25}$ „ . .	60,5 „	72,8 „
„ „ „ $\frac{1}{50}$ „ . .	87,4 „	96,0 „

¹⁾ $\frac{1}{10}$ Normal-Kalkwasserlösung kann wegen der Schwerlöslichkeit des Kalkhydrates nicht hergestellt werden.

Aus den beiden Lösungen von Kalkhydrat wurden folgende Prozente des gebotenen Kalkes absorbiert:

	durch Sphagnen	durch Moostorf
aus der ca. $\frac{1}{25}$ N.-Lösung	78,4 %	90,0 %
„ „ „ $\frac{1}{50}$ „	95,3 „	97,1 „

Natürlich gelten die Zahlen nur für den Fall, daß auf 3 g Sphagnen 200 cc alkalische Flüssigkeit treffen. Sobald man die Substanz verringert oder das Wasser vermehrt, erhöht sich die Absorptionskraft. Es sei noch ein Versuch mit Kalilauge und Kalkwasser angeführt, bei dem auf 3 g Substanz 500 cc von ca. $\frac{1}{100}$ N.-Kalilauge und Kalkwasser angewandt wurden. Nun wirkten nicht allein mehr Wasser, sondern auch mehr überschüssige Basis auf die Colloide ein, als bei der $\frac{1}{50}$ N.-Lösung. Unter diesen Umständen absorbierten, die Basis in Säurewasserstoff ausgedrückt, auf 100 g Trockensubstanz gerechnet:

	die Sphagnen	der Moostorf
aus Kalilauge	0,1338 g	0,1643 g
„ Kalkwasser	0,1837 „	0,1944 „

Jetzt ist also in fast allen Fällen mehr Basis absorbiert worden, als von der $\frac{1}{50}$ N.-Lösung. Dagegen ist von der gelösten Basis prozentisch weniger aufgenommen worden. Von dem in der Lösung gebotenen Kali bzw. Kalk wurden folgende Prozente absorbiert:

	von Sphagnen	von Moostorf
aus der Kalilösung	63,6 %	80,7 %
„ „ Kalklösung	87,3 „	95,4 „

Alle diese Versuche führen zu dem übereinstimmenden Ergebnis: In den Sphagnen und im Moostorf sind keine Säuren bei der Bindung der Basen wirksam; eine Titration ist nicht möglich, weder mit konzentrierten noch mit stark verdünnten alkalischen Lösungen.

Die Basen werden vielmehr durch Absorption gebunden und die Absorptionsgröße wechselt:

1. nach dem Mengenverhältnis der Substanz (des Absorbens) zur Basis (dem Absorbendum),
2. je nach dem Mengenverhältnis der Substanz zum Wasser,
3. je nach der Wertigkeit der Basis.

Die Absorption steigt mit der Menge der freien Basis, mit der Menge des angewandten Wassers und mit der Wertigkeit.

Wir haben bei den oben angeführten Versuchen mit Kali und Natronlauge viel mehr „Säure“ gefunden als nach früheren Angaben (s. S. 45), obwohl die Natronlauge auch früher in ähnlicher Ver-

dtünnung angewandt worden war. Die Ursache liegt darin, daß bei den früheren Versuchen das Alkali immer nur in ganz geringem Überschuß einwirken konnte, während die jetzt angewandten 200 cc der $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{25}$ N.-Lösungen ziemlich erhebliche Mengen freies Alkali enthielten.

Diese freien Alkalimengen üben eine ähnliche — nur viel intensivere — Wirkung auf die untersuchten Colloide aus, wie das Wasser. Sie lockern ihr Gefüge und bringen bei hinreichendem Zusatz eine Pseudolösung, vielleicht zuletzt auch eine vollkommene Zersetzung und echte Lösung der Colloide zustande. Man stellt ja jetzt noch „Humussäure“ aus Sphagnumtorf in der Weise dar, daß man mit überschüssigen Alkalien eine „Lösung von humus-saurem Alkali“ bereitet und daraus die Humussäure mit einer starken Mineralsäure wieder ausfällt. Wir wissen jetzt, daß es sich hiebei um keine Salzbildung handeln kann, sondern nur um eine weitgehende Quellung mit darauffolgender Bildung einer Pseudolösung in Alkali, in welcher das Colloid so fein verteilt ist, daß es durch die Poren des Filters geht. Sobald man im Filtrat das Alkali durch eine starke Säure bindet, die man im Überschuß anwendet, ballt sich das Colloid zu Flocken zusammen und fällt aus, teils weil es das freie Alkali verloren hat, teils weil die Säure dem Colloid Wasser entzieht (vergl. S. 64 und Gesch. der Humuss. S. 93). Wenn man die Sphagnen mit dem Moostorf bei diesem Lösungs- und Fällungsvorgang vergleicht, so bemerkt man, daß der Torf viel voluminösere und dunklere Niederschläge zum Vorschein bringt, als die Sphagnen. Daß sie dunkler sind, beruht wahrscheinlich darauf, daß im Moostorf an den Colloiden der Sphagnen noch colloider Kohlenstoff haftet, der sich bei der allmählichen Zersetzung der organischen Substanz abgespalten hat, durch das freie Alkali mit in Lösung geht und durch die Säure wieder mit ausgefällt wird. Darauf werden wir in einer späteren Abhandlung zurückkommen. Daß sie voluminöser sind, dürfte auf der lang dauernden Einwirkung großer Mengen Wasser auf die abgestorbenen Sphagnen beruhen. Dadurch ist das Colloid im Moostorf bereits so stark in seinem Gefüge gelockert (*maceriert*) worden, daß es der Einwirkung der Laugen viel weniger widerstehen kann, als in den noch lebenden Sphagnen. Es kann also mehr von der quellbaren Colloidsubstanz in Pseudolösung übergeführt werden.¹⁾

¹⁾ Aus Sphagnen entsteht häufig erst beim Eindampfen mit überschüssiger Säure ein Niederschlag, der überhaupt nicht aus dem Colloid zu stammen scheint.

4. Die Abscheidung freier Säuren aus Salzen bezw. die Absorption von Basen aus Salzen durch Sphagnen und Moostorf.

Die freien Basen „neutralisieren“ nach den soeben beschriebenen Versuchen keine „Säuren“ in Sphagnen und Moostorf nach stöchiometrischen Verhältnissen; sie werden nur gebunden (absorbiert) nach den Gesetzen der Absorption, wie sie für Colloide allgemein gelten. Wahrscheinlich spielt sich der gleiche Absorptionsvorgang auch bei der auffallenden Zerlegung der Salze durch Sphagnen und Moostorf ab, die unter Abspaltung freier Säuren vor sich geht. Ist dies der Fall, so müssen sich dabei ebenfalls die Menge der Substanz, die Wertigkeit der Basen und die Konzentration der Lösungen geltend machen, indem geringere Substanzmengen relativ mehr Basis aufnehmen, mehrwertige Metalle stärker aus Salzen absorbiert werden, als einwertige und aus verdünnten Lösungen relativ mehr Basis gebunden wird, als aus konzentrierten. Die Aufspaltung des Salzes in Basis und Säure kann man sich am leichtesten so vorstellen, daß die quellungsfähigen Colloide infolge ihrer negativen, elektrischen Ladung nur Salze und positiv geladene Körper, die Basen, eindiffundieren lassen und die Säure abstoßen, ebenso wie umgekehrt in Blutkörperchen nur Säuren eindiffundieren und die Basen zurückgewiesen werden.¹⁾

Durch das Freiwerden von Säuren muß jedoch die Absorption der Basen abgeschwächt werden, da freie Säuren der Absorption entgegen wirken. Und wenn wir Salze verschiedener Säuren untersuchen, so müssen sich wieder Unterschiede herausstellen, da die abgeschiedenen freien Säuren eine verschiedene Anziehungskraft auf die Basen ausüben werden.

Bei den Absorptionsversuchen mit Salzen muß also nicht allein das Verhalten der Basen geprüft werden, sondern auch das Verhalten der Säuren und es muß sich herausstellen, ob Sphagnen und Moostorf auch gegenüber den Säuren die gleichen Eigentümlichkeiten zeigen, wie sie bereits bei anderen Colloiden beobachtet worden sind. Die Säuren werden nämlich gleichfalls von den Colloiden nicht in äquivalenten Mengen festgehalten oder abgeschieden, sondern sie halten hierbei eine bestimmte Reihenfolge ein, nach welcher die Intensität ihrer Wirkung steigt oder fällt. Am häufigsten wird folgende Reihe gefunden:

¹⁾ Auf die Wahrscheinlichkeit eines solchen Vorganges hat zuerst Ostwald hingewiesen (Zeitschr. f. physik. Chemie 1890, S. 171). Die übrige Literatur vergl. oben (S. 62).

Salzsäure, Salpetersäure,
Schwefelsäure,
Essigsäure.

In dem Verhalten von Salzsäure und Salpetersäure zeigen sich meist nur geringe Unterschiede, Schwefelsäure weicht davon deutlich ab, noch viel mehr die Essigsäure. Diese Reihe geht parallel mit der Stärke der Säuren, also mit ihrem Dissociationsgrad oder mit ihrem Gehalt an freien Ionen (vergl. die Zahlen der Äquivalentleitfähigkeit S. 69). Immerhin scheint auch das Atomgewicht bei den Halogenwasserstoffsäuren eine Rolle zu spielen. Denn vervollständig lautet die Reihe:

Jodwasserstoffsäure, Bromwasserstoffsäure, Salpetersäure, Salzsäure,
Schwefelsäure,
Essigsäure.

Zwei Beispiele aus der Colloidliteratur sollen diese Verhältnisse veranschaulichen. Hardy¹⁾ untersuchte ein negatives Colloid (Mastixsuspension) auf sein Verhalten gegen verschiedene Säuren. Er prüfte, wie viel von jeder Säure nötig war, um das Colloid zur Ausfällung zu bringen und fand folgende Reihenfolge:

Salpetersäure bedurfte z. Ausfällung eine Konzent. v. 0,00385 Mol.

Salzsäure	"	"	"	"	"	0,00385	"
Schwefelsäure	"	"	"	"	"	0,00435	" ($\frac{1}{2}$ SO ₄ H ₂)
Oxalsäure	"	"	"	"	"	0,00909	" ($\frac{1}{2}$ COOH . COOH)
Essigsäure	"	"	"	"	"	0,7353	"

Alle Säuren, die gerade eine Fällung bewirkten, hatten ungefähr die gleiche spez. Leitfähigkeit; die Fällung ist deshalb auf die gleiche Ionenkonzentration zurückzuführen.

Bei Untersuchung eines positiven Colloids (Eisenhydroxyd) zeigten die Säuren in umgekehrter Reihenfolge ihre Wirkung, indem Salzsäure und Salpetersäure in größter Konzentration angewandt werden mußten, um die Ausflockung des Colloids zu bewirken. Doch war hiebei die Leitfähigkeit der einzelnen Säuren sehr verschieden; die Ausfällung positiver Colloide hängt also nicht von dem Gehalt an H⁺-Ionen ab.

Hofmeister, Posternak, Pauli vervollständigten die oben angeführte Reihe, indem sie auch noch Brom- und Jodwasserstoffsäuren in ihrem Ausfällungsvermögen gegenüber Emulsionscolloiden (Eiweiß) untersuchten.²⁾ Nach Posternak waren zur Ausfällung von Eiweiß von *Picea excelsa* nötig in saurer Lösung;

¹⁾ Hardy, Zeitschrift für phys. Chemie 1900, Bd. 33, S. 395.

²⁾ Vgl. Höber, Physikal. Chemie der Zelle und der Gewebe, S. 244 u. ff.

0,06	g	JNa
0,116	„	NO ₃ Na
0,200	„	BrNa
0,325	„	ClNa

Brom und Jod wirken also energischer bei der Fällung entsprechend ihrem höheren Atomgewicht. In alkalischer Lösung kehrte sich wieder die Reihe um: Unter den gewählten Versuchsbedingungen konnte NaJ und NaNO₃ gar keine Fällung bewirken; und BrNa wirkte stärker als ClNa. Die Reihenfolge wäre also demnach für negative Colloide: JH hat das stärkste Fällungsvermögen und dann folgen BrH, NO₃H, ClH, C₂H₄O₂.

Unsere Aufgabe ist es nun zu prüfen, ob Sphagnen und Moostorf die Basen auch aus Salzen nach den bereits bekannten Gesetzen absorbieren, und ob sie die Säuren in der angegebenen Reihenfolge zur Abscheidung bringen.

Prüfung der Basen.

a) Absorption ein- und zweiwertiger Basen aus Chloriden durch Sphagnen und Moostorf.

Wir betrachten zunächst das Verhalten verschiedener Chloride, also Verbindungen der Basen mit einer sehr starken Säure. Von den reinen Chloriden des Natriums, Kaliums, Calciums, Baryums und Magnesiums wurden folgende Lösungen bereitet:

3fach Normal
Normal
 $\frac{1}{10}$ Normal
 $\frac{1}{250}$ Normal

Je 200 cc dieser Lösungen wurden mit je 3 g Sphagnen bzw. Moostorf drei Stunden unter öfterem Umschütteln (ca. alle 10 Minuten wurde umgeschüttelt) stehen gelassen, dann im Filtrat die in Freiheit gesetzte Salzsäure in bekannter Weise mit $\frac{1}{10}$ Normalnatronlauge und Phenolphthalein bestimmt. Natürlich mußte das Chlorid eine der freien Salzsäure äquivalente Menge Basis an das Colloid abgegeben haben. Die Säuremengen wurden auf Säurewasserstoff und 100 g Trockensubstanz berechnet. Multipliziert man die so gefundenen Werte mit dem Äquivalentgewicht der betr. Basis, so erfährt man, wie viel Basis das Colloid mindestens absorbieren mußte, um den gefundenen Wasserstoff in Freiheit zu setzen. In Wirklichkeit wird aber bei diesen und allen hier zu beschreibenden Versuchen mehr von der betr. Basis absorbiert, als diesem Säurewasserstoff entspricht, weil die Absorption der

Basen nicht allein unter Abspaltung von Säure, sondern auch unter Auswechslung von bereits vorhandenen Basen erfolgt. Sobald eine Salzlösung mit einem Colloid, das absorbierte Basen schon enthält, zusammentrifft, so verdrängt die im Überschuß vorhandene neue Basis die anderen Basen, die das Colloid früher angelagert hatte. Diese Absorption durch Auswechslung wird s. Z. gesondert untersucht werden. Wenn hier von einer Absorption der Basen gesprochen wird, so ist immer nur das absorbierte OH' oder der absorbierte Teil der Basis gemeint, welcher dem in Freiheit gesetzten Wasserstoff entspricht. In der nun folgenden Tabelle sind die Mengen Säurewasserstoff, auf 100 g Trockensubstanz berechnet, zusammengestellt, die aus den verschiedenen Chloriden in Freiheit gesetzt und titriert worden sind. (Multipliziert man diese Zahlen mit dem Äquivalentgewicht der Salzsäure 36,5, so erfährt man die Menge der abgespaltenen freien Salzsäure.)

Abgespaltenen Säure-Wasserstoff in Milligramm = Absorbierte Menge Basis (MeOH) \times Äquivalentgewicht

Konzentration der Lösung	a) durch Sphagnen				
	aus Chlor-natrium	Chlor-kalium	Chlor-calcium	Chlor-baryum	Chlor-magnesium
3fach normal . . .	5,62	5,62	10,09	8,88	9,68
normal	6,45	6,85	10,49	10,09	10,49
$\frac{1}{10}$ normal	3,22	4,44	7,46	7,46	7,26
$\frac{1}{250}$ normal . . .	2,62	3,63	5,65	5,65	4,84
	b) durch Moostorf				
3fach normal . . .	10,24	9,68	18,31	17,73	15,76
normal	12,21	13,20	18,70	18,91	16,94
$\frac{1}{10}$ normal	5,51	7,68	12,61	13,59	11,03
$\frac{1}{250}$ normal . . .	2,36	5,12	9,46	11,03	8,28

Wir sehen aus diesen Zahlen, daß die Abspaltung der Säure bzw. die Absorption der Basen in der Normallösung der Salze ein Maximum erreicht; sie nimmt sowohl in den konzentrierteren Lösungen, wie auch in den verdünnteren wieder ab. Von den mehrwertigen Metallen wird erheblich mehr Grammäquivalent Basis absorbiert, als von den einwertigen; von Kalium fast durchweg etwas mehr als von Natrium, von Magnesium fast durchweg etwas weniger als von den anderen zweiwertigen Metallen. Vielleicht spielt hier das Atomgewicht eine Rolle. Aus den verdünntesten Lösungen wird relativ die größte Menge Basis absorbiert, was besonders deutlich wieder aus nachstehender Tabelle hervorgeht. Diese Tabelle gibt

nämlich an, daß folgende Prozente der in Lösung gebotenen Basen absorbiert wurden:

a) durch Sphagnen

Konzentration der Lösung	aus Chlor-natrium	Chlor-kalium	Chlor-calcium	Chor-baryum	Chlor-magnesium
3fach normal . . .	0,023	0,023	0,040	0,037	0,040
normal	0,079	0,085	0,120	0,125	0,130
$\frac{1}{10}$ normal . . .	0,399	0,550	0,924	0,924	0,900
$\frac{1}{250}$ normal . . .	8,11	11,24	17,49	17,49	14,98

b) durch Moostorf

3fach normal . . .	0,043	0,041	0,077	0,075	0,066
normal	0,155	0,167	0,237	0,239	0,215
$\frac{1}{10}$ normal . . .	0,699	0,974	1,60	1,72	1,40
$\frac{1}{250}$ normal . . .	7,49	16,2	30,0	35,2	26,0

Aus sehr verdünnten Lösungen der Chlormetalle werden demnach von Sphagnen und Moostorf erhebliche Beträge der gebotenen Basis herausgenommen. Wir haben noch Versuche mit einer $\frac{1}{2500}$ N.-Lösung ausgeführt, die erhaltenen Zahlen aber in die Tabelle nicht eingesetzt, weil die Titrierung der geringen Säurequantitäten schon unsicher wird. So viel ging aber aus diesen Versuchen deutlich hervor, daß aus solchen Lösungen die Salzsäure vollständig oder nahezu vollständig abgeschieden, also 80 bis 100 Prozent der vorhandenen Basen absorbiert werden. Sphagnen und Moostorf können also die Chloride wahrscheinlich ganz zersetzen und die Basen sich daraus vollständig aneignen, wenn nur die Chloridlösung die entsprechende Verdünnung erreicht.

b) Absorption ein- und zweiwertiger Basen aus Acetaten durch Sphagnen und Moostorf.

Jede Säure, die aus Sphagnen und Moostorf abgespalten wird, muß auch eine bestimmte Wirkung auf die absorbierte Basis ausüben; sie wird die Basis wieder in Lösung zu bringen bzw. die Absorption einzuschränken oder zu verhindern suchen. Starke Säuren müssen sich hierbei anders verhalten als schwache. Nachdem wir die Absorptionskraft der Sphagnen und des Moostorfes für Verbindungen mit einer starken Säure kennen gelernt haben, schien es von Interesse, festzustellen, wie viel Basis eine schwache Säure aus ihren Salzen an die Moorsubstanzen abgibt. Die Versuche wurden mit essigsäuren Salzen angestellt. Die geprüften Basen waren zunächst Natrium, Kalium, Calcium und Baryum.

Die Salze dieser Metalle mit der Essigsäure sind in ihren Lösungen schon etwas hydrolytisch dissociiert; sie zeigen eine schwach alkalische Reaktion gegen Phenolphthalein, die jedoch vor Beginn des Versuchs mit einigen Tropfen verdünnter Essigsäure entfernt wurde. Die Versuche wurden genau so wie bei den Chloriden mit denselben Sphagnen- und Moostorfpräparaten durchgeführt, nur mit einer größeren Anzahl von Lösungen. Außer den bei den Chloriden verwandten Lösungen wurden noch zweifach Normal-, $\frac{1}{2}$ Normal- und $\frac{1}{50}$ Normallösungen untersucht.

Die Ergebnisse, auf 100 g Trockensubstanz berechnet, waren folgende:

Abgespaltener Säurewasserstoff in Milligramm = Absorbierte Menge
Basis (MeOH) \times Äquivalentgewicht

Konzentration der Lösung	a) durch Sphagnen			
	aus Natrium-acetat	Kalium-acetat	Calcium-acetat	Baryum-acetat
3fach normal	79,87	81,08	81,89	—
2fach „	79,87	75,03	81,08	81,08
normal	74,22	79,61	79,47	77,86
$\frac{1}{2}$ normal	68,17	66,56	73,01	72,61
$\frac{1}{10}$ „	52,44	52,02	62,52	62,93
$\frac{1}{50}$ „	30,66	31,46	50,02	50,02
$\frac{1}{250}$ „	9,68	9,88	18,15	17,75

Konzentration der Lösung	b) durch Moostorf			
	aus Natrium-acetat	Kalium-acetat	Calcium-acetat	Baryum-acetat
3fach normal	116,65	116,65	122,17	—
2fach „	114,68	114,30	122,17	122,17
normal	108,38	107,98	115,47	114,29
$\frac{1}{2}$ normal	98,92	100,10	108,77	108,77
$\frac{1}{10}$ „	78,03	78,82	92,22	92,61
$\frac{1}{50}$ „	44,92	45,71	70,16	70,16
$\frac{1}{250}$ „	15,37	15,57	25,22	25,02

Nach diesen Versuchen spalten Sphagnen und Moostorf — wie zu erwarten war — aus Acetaten viel mehr Essigsäure ab; sie absorbieren also die Basen aus Acetaten in viel größerer Menge, wie aus Chloriden. Ein Maximum der Absorption bei einer bestimmten Konzentration macht sich jedoch hierbei nicht geltend. Die Absorption steigt mit der Konzentration anfangs sehr stark, dann langsam und erreicht in der zweifach normalen Lösung in den meisten Fällen ihren höchsten Wert; eine noch stärkere Konzentration übt keinenfalls einen großen Einfluß aus. Die Gesetze

der Absorption der Colloide treten wieder deutlich in Erscheinung: Von den zweiwertigen Basen werden mehr Grammäquivalente absorbiert als von den einwertigen; doch werden die Unterschiede geringer, je konzentrierter die Lösungen werden und verschwinden in den konzentrierten Lösungen fast ganz. (Über die Ursache dieser interessanten Erscheinung vergl. S. 88 ff.) Aus verdünnten Lösungen wird wieder relativ weit mehr absorbiert, wie aus konzentrierten, wie die nachstehende Tabelle deutlicher ausweist.

Von den in den Lösungen gebotenen Basen werden nämlich folgende Prozente absorbiert:

Konzentration der Lösung	a) durch Sphagnen			
	aus Natrium-acetat	Kalium-acetat	Calcium-acetat	Baryum-acetat
3fach normal	0,33	0,335	0,338	—
2fach „	0,495	0,465	0,502	0,502
normal	0,919	0,90	0,985	0,965
$\frac{1}{2}$ normal	1,69	1,65	1,81	1,80
$\frac{1}{10}$ „	6,50	6,45	7,75	7,79
$\frac{1}{50}$ „	18,99	19,49	30,99	30,99
$\frac{1}{250}$ „	29,97	30,59	56,19	54,95

Konzentration der Lösung	b) durch Moostorf			
	aus Natrium-acetat	Kalium-acetat	Calcium-acetat	Baryum-acetat
3fach normal	0,493	0,493	0,512	—
2fach „	0,727	0,727	0,775	0,775
normal	1,37	1,37	1,46	1,45
$\frac{1}{2}$ normal	2,51	2,54	2,76	2,76
$\frac{1}{10}$ „	9,90	10,0	11,7	11,7
$\frac{1}{50}$ „	28,5	29,0	44,5	44,5
$\frac{1}{250}$ „	48,8	49,4	80,0	79,4

Wie man aus diesen Zahlen erkennt, ist in den stark verdünnten Lösungen nicht allein die Absorption relativ am kräftigsten, sondern es treten hier gleichzeitig die Unterschiede zwischen den verschiedenwertigen Basen am stärksten hervor, während aus konzentrierten Lösungen nahezu der gleiche Prozentsatz an ein- oder zweiwertiger Basis absorbiert wird.

c) Über die Ursache der verschiedenen Absorption ein- und zweiwertiger Basen.

Bei der Darstellung der Unterschiede zwischen Säuren und Colloiden wurde darauf hingewiesen, daß die Absorption bei den Emulsionscolloiden in engem Zusammenhang mit der Diffusion

stehen muß. Wir wollen nun untersuchen, ob vielleicht die verschiedene Absorption der ein- oder zweiwertigen Basen mit der verschiedenen Diffusion dieser Basen in Beziehung gebracht werden kann.

Eine zuverlässige Theorie der Diffusion liegt bis jetzt nur für einwertige Metalle und Säuren vor, und zwar nur für stark verdünnte Lösungen. Um die Absorption an dieser Theorie zu prüfen, können nur die Beobachtungen in der $\frac{1}{10}$ N.- und $\frac{1}{250}$ N.-Lösung von ClK und ClNa verwertet werden. Denn nur hier sind erhebliche Unterschiede aufgetreten und zwar wird hier in Sphagnen wie Moostorf das Kali stärker absorbiert als das Natron.¹⁾

Nach der Theorie von Nernst ist nun die Diffusionsgeschwindigkeit gleich dem Quotienten zwischen dem osmotischen Druck der Ionen und deren inneren Reibung bei unendlicher Verdünnung.²⁾ Ist K die Diffusionsgeschwindigkeit für eine äußerst verdünnte Lösung, p der osmotische Druck für eine nicht dissocierte Lösung und f die Summe der Reibungen der beiden Ionen, so ist $K = \frac{2p}{f}$. S. W. Oeholm hat durch eine große Anzahl Versuche die Richtigkeit dieser Formel bestätigt.³⁾ Doch haben die Versuche stets einen etwas geringeren Wert geliefert, als die Theorie verlangt. Die theoretische Diffusionsgeschwindigkeit ist

von Oeholm für Kaliumhydrat zu	2,109,	für Natriumhydrat zu	1,558	}
" Nernst ⁴⁾ "	" 2,10 "	" "	" 1,45 "	
im Mittel "	" 2,1045 "	" "	" 1,504 "	
berechnet worden				

während Oeholms Versuche für Kaliumhydrat die Zahl 1,903 und für Natriumhydrat 1,432 lieferten.

Das Verhältnis der Diffusionsgeschwindigkeit des Kaliumhydrats

¹⁾ In den Lösungen der freien Alkalien und der Acetate kann man die gleiche Regelmäßigkeit nicht wahrnehmen. Die Ursache ist vorläufig unbekannt; vielleicht werden durch die freien Alkalien und durch die hydrolysierten Acetate die Colloidsubstanzen, Sphagnen und Moostorf, physikalisch und chemisch etwas verändert, wodurch sich die ohnedies geringen Unterschiede verwischen. Auch verlieren hier die Absorptionsbestimmungen dadurch, daß sich die titrierenden Lösungen gelb färben, etwas an Genauigkeit.

²⁾ Nernst, Zeitschr. f. phys. Chemie, 1888, Bd. 2, 613, auch Theoretische Chemie, 6. Aufl., 1909, S. 371.

³⁾ L. William Oeholm, Über die Hydrodiffusion der Elektrolyte, Zeitschrift für physik. Chemie, 50. Bd., 1905, S. 309.

⁴⁾ W. Vaubel, Lehrbuch der theoretischen Chemie, Berlin 1903, II. Bd., S. 660.

zu der des Natriumhydrates wäre demnach im Mittel theoretisch 1,399, nach den Versuchen 1,329.

Im gleichen Verhältnis stehen nun die Mengen Säurewasserstoff, die aus Kalium- und Natriumchlorid durch die Sphagnen und Moostorf abgeschieden werden. Dividiert man die aus den Kaliumchloridlösungen abgespaltenen Mengen Säurewasserstoff durch die entsprechenden Zahlen der Natriumchloridlösungen, so erhält man folgende Werte:

a) für Sphagnen

$$\text{in der } \frac{1}{10} \text{ N.-Lösung} \quad \cdot \cdot \quad \frac{4,44}{3,22} = 1,379$$

$$\text{in der } \frac{1}{250} \text{ N.-Lösung} \quad \cdot \cdot \quad \frac{3,63}{2,62} = 1,385$$

b) für Moostorf

$$\text{in der } \frac{1}{10} \text{ N.-Lösung} \quad \cdot \cdot \quad \frac{7,68}{5,51} = 1,394$$

$$\text{in der } \frac{1}{250} \text{ N.-Lösung} \quad \cdot \cdot \quad \frac{5,12}{2,36} = 2,169$$

Wir sehen hieraus, daß mit Ausnahme des letzten Versuches die Abscheidung des Säurewasserstoffes aus Kalium- und Natriumchlorid genau im Verhältnis der Diffusionsgeschwindigkeit ihrer Hydrate erfolgt ist und zwar stehen die durch den Absorptionsversuch ermittelten Werte der theoretischen Zahl noch näher, als die Versuchszahl von Oeholm. Ob hier eine Gesetzmäßigkeit oder ein Zufall vorliegt, kann freilich erst durch umfangreichere Versuche ermittelt werden.

Leider ist es nicht möglich in ähnlicher Weise die Zahlen zu prüfen, die wir bei den Absorptionsversuchen mit den zweiwertigen Basen erhalten haben. Denn über die Diffusionsgeschwindigkeit dieser Basen stehen weder genaue Berechnungen noch Versuche zu Gebote. Einer theoretischen Behandlung der Frage steht der Umstand entgegen, daß über die Art der Dissociation der Salze mehrwertiger Basen noch keine Sicherheit gewonnen ist.¹⁾

Dennoch ließ sich für ein- und zweiwertige Basen auch eine Gesetzmäßigkeit erkennen, die höchst wahrscheinlich mit der Dif-

¹⁾ Vergl. W. Nernst, Theorie der Diffusion, Zeitschrift für physik. Chemie 2, 1888, 618. Aus plasmolytischen Versuchen berechnet de Vries, daß in einer 0,184 Normal-Lösung von Ca Cl_2 auf 100 gelöste Moleküle 278 Gesamtmoleküle (Ionen und nicht dissocierte Moleküle) vorhanden sind, während sich nach van't Hoff und Reiber aus der elektrischen Leitfähigkeit nur 242 Gesamtmoleküle berechnen. (Zeitschr. f. physik. Chemie, 3, 1889, S. 201).

fusion im Zusammenhang steht. Die Absorption der Basen durch Sphagnen und Moostorf scheint nämlich wesentlich von dem osmotischen Druck der Salzlösungen abzuhängen. Der osmotische Druck einer Salzlösung wird bekanntlich nach der Dissociationstheorie hervorgerufen durch die Anzahl der darin enthaltenen Ionen und unzersetzten Moleküle. Solche Lösungen, die in gleichem Volumen bei gleicher Temperatur dieselbe Anzahl von Molekülen und Ionen besitzen, haben den gleichen osmotischen Druck. Sie sind „isosmotisch“ oder „isotonisch“. Da die aus zwei Atomen zusammengesetzten Chloride der Alkalien (ClK oder ClNa) bei ihrer Auflösung in Wasser nur in zwei Ionen zerfallen, die aus drei Atomen bestehenden Chloride der Erdalkalien (z. B. CaCl_2) aber sich in mehrere Ionen (Ca, Cl, Cl und vielleicht auch CaCl) zerspalten, so können die äquivalenten Lösungen, die zu unseren Absorptionsversuchen verwendet wurden, nicht den gleichen osmotischen Druck besitzen. Die Salzlösungen der zweiwertigen Metalle haben einen viel höheren osmotischen Druck als die der einwertigen.

De Vries hat mit Hilfe seiner bekannten plasmolytischen Versuche die Gesamtsumme der Ionen und nicht dissociierten Moleküle berechnet, die in verdünnten Chlorkalium- und Chlorcalciumlösungen auf 100 gelöste Moleküle enthalten sind.

Bei Chlorkalcium (0,184 N.-Lösung) treffen auf 100 gelöste Moleküle

278 Gesamtmoleküle (Ionen und nicht dissocierte Moleküle).

Bei Chlorkalium (0,14 N.-Lösung) treffen auf 100 gelöste Moleküle

181 Gesamtmoleküle.

Der osmotische Druck der verdünnten Chlorcalciumlösung steht also zu dem osmotischen Druck der Chlorkaliumlösung im Verhältnis $278 : 181 = 1,53$.

Es kann doch kein Zufall sein, daß der Säurewasserstoff aus Kalk- und Kalilösungen bei unseren Absorptionsversuchen ebenfalls in dem Verhältnis dieser osmotischen Druckwerte abgeschieden wurde.

Das Verhältnis des abgespaltenen Säurewasserstoffes berechnet sich nämlich

	bei Sphagnen	bei Moostorf
in der Normallösung zu . . .	1,53	1,42
„ „ $\frac{1}{10}$ Normallösung zu . . .	1,68	1,64
„ „ $\frac{1}{250}$ „ „ . . .	1,56	1,86

Nun gelten die Zahlen von de Vries allerdings nicht für unsere Normallösungen, sondern nur für die von ihm verwandten Konzentrationen. Berechnet man aus der elektrischen Leitfähig-

keit¹⁾ bzw. aus der Gefrierpunktserniedrigung für die Normal-, $\frac{1}{10}$ Normal- und $\frac{1}{250}$ N.-Lösungen die bezüglichen Werte, so ergibt sich folgendes:

	Chlorkalcium	Chlorkalium	Verhältnis
in den Normallösungen von	214	175	$\frac{214}{175} = 1,224$
„ „ $\frac{1}{10}$ Normallösungen von	274 ²⁾	185	$\frac{274}{185} = 1,48$
„ „ $\frac{1}{250}$ „ „	281	196	$\frac{281}{196} = 1,565$

Wir sehen, daß auch nach dieser Richtung zwar nicht in den konzentrierten Normallösungen, wohl aber in den verdünnten $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{250}$ N.-Lösungen ganz ähnliche Verhältnisse bestehen, wie in der Lösung von de Vries. In $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{250}$ N.-Lösungen muß also die Absorption der Basen mit dem osmotischen Druck in Beziehung stehen.

Noch deutlicher ist diese Gesetzmäßigkeit bei den essigsäuren Salzen zu bemerken.

Nach der elektrischen Leitfähigkeit beträgt die Anzahl der Gesamtmoleküle auf 100 gelöste Moleküle:

	Calciumacetat	-Kaliumacetat	Verhältnis des osmotischen Druckes von Calcium- zu Kaliumacetat-Lösung
in den Normallösungen	161	161	0,982
„ „ $\frac{1}{2}$ Normallösungen	184	172	1,07
„ „ $\frac{1}{10}$ „	225	185	1,22
„ „ $\frac{1}{50}$ „	257	192	1,34
„ „ $\frac{1}{250}$ „	277 bzw. 365	198	1,40 bzw. 1,85

Hiebei sind die in der letzten Reihe stehenden Zahlen 365 bzw. 185 unter der wahrscheinlichen Annahme berechnet, daß sich CaCl_2 in starker Verdünnung in vier Ionen spaltet.³⁾

Nach diesen Zahlen sind die Normal-Lösungen von Calcium-

¹⁾ Hiezu dienen die Tabellen in Kohlrausch und Holborn, das Leitvermögen der Elektrolyte, Leipzig, 1898, S. 200 und 159—161. Über die Berechnung selbst vergl. Zeitschr. f. physikal. Chemie, 3, 1888, S. 201. Über die Zahlen von de Vries daselbst, S. 103.

²⁾ Diese Zahl ist von Arrhenius aus der Gefrierpunktserniedrigung berechnet und wurde hier eingesetzt, weil sie jedenfalls zuverlässiger ist, als die aus dem Leitungsvermögen abgeleitete. (Vergl. Zeitschr. f. physikal. Chemie, 3, 1889, S. 202.)

³⁾ Vergl. van't Hoff und Reicher, Beziehungen zwischen osmotischem Druck, Gefrierpunktserniedrigung und elektr. Leitfähigkeit. Zeitschr. f. physikal. Chemie, 3, 1889, S. 202.

und Kaliumacetat nahezu isotonisch; sie enthalten fast genau die gleiche Anzahl von Molekülen, während mit fortschreitender Verdünnung sich in den Kalklösungen die Anzahl der Moleküle durch die Aufspaltung in drei oder vier Ionen viel stärker vermehrt als in den Kalilösungen. Genau in demselben Verhältnis werden aber auch die Grammäquivalente der Basen, Kalk und Kali aus ihren Lösungen durch Sphagnen und Moostorf absorbiert. In den fast isotonischen Lösungen wird die gleiche Menge Säurewasserstoff abgespalten; die Basen werden demgemäß in äquivalenten Mengen absorbiert. In den verdünnten Kalklösungen wächst dann die Säureabspaltung und damit die Äquivalentabsorption viel stärker als in den Kalilösungen an.

Die nachstehende Tabelle zeigt, in welchem Äquivalentverhältnis Kalk und Kali durch Sphagnen und Moostorf aus den Acetatlösungen absorbiert werden. Daneben ist des leichteren Vergleiches wegen nochmals die Zahl gesetzt, die das Verhältnis ausdrückt, in dem der osmotische Druck in den beiden Salzlösungen zueinander steht.

	Der Wasserstoff wurde aus Calcium- und Kaliumacetat in folgendem Verhältnis abgeschieden:		Der osmotische Druck der Calcium- und Kaliacetatlösungen steht in folgendem Verhältnis:
	Sphagnen	Moostorf	
Normallösung	0,998	1,07	0,982
$\frac{1}{2}$ Normallösung . .	1,097	1,087	1,066
$\frac{1}{10}$ „	1,202	1,170	1,216
$\frac{1}{50}$ „	1,590	1,535	1,339 ¹⁾
$\frac{1}{250}$ „	1,836	1,620	1,400 bzw. 1,85

Die merkwürdige Tatsache, daß die Colloide ein- und zweiwertige Basen aus äquivalenten Lösungen in verschiedener Menge absorbieren, beruht demnach auf der verschiedenen Dissociation ihrer Salze und hängt mit dem dadurch hervorgerufenen verschiedenen osmotischen Druck zusammen.

Für die Colloide von Sphagnen und Moostorf gilt demnach folgendes Gesetz:

Aus verdünnten äquivalenten Salzlösungen der ein- und zweiwertigen Basen mit der gleichen Säure wird durch Sphagnen und Moostorf der Säurewasserstoff nicht in gleicher Menge, sondern im Verhältnis des osmotischen Druckes abgeschieden, d. i. im

¹⁾ Diese aus der Leitfähigkeit berechnete Zahl ist wahrscheinlich etwas zu niedrig, weil sie unter der Annahme gewonnen wurde, daß das Kalksalz nur in 3 Ionen zerfällt. Nimmt man den völligen Zerfall in 4 Ionen an, so wird sie allerdings wieder zu hoch (1,74).

Verhältnis der Gesamtsumme der in den Lösungen enthaltenen Moleküle (incl. Ionen),¹⁾ und diesem Verhältnis entsprechend findet auch die Absorption der Basen-äquivalente statt.

d) Absorption dreiwertiger Basen durch Sphagnen und Moostorf.

Neben den ein- und zweiwertigen Metallen mußten noch die häufig in der Natur vorkommenden dreiwertigen, Eisen- und Aluminium, auf ihr Verhalten gegen Sphagnen und Moostorf geprüft werden. Hier waren neue Überraschungen zu gewärtigen. Denn Eisenhydroxyd und Aluminiumhydroxyd sind selbst Colloide; auch ihre Salzlösungen sind so weitgehend hydrolytisch dissociiert, daß die Hydroxyde darin bereits z. T. in colloidalen Form enthalten sind.²⁾ Bei gegenseitiger Einwirkung zweier Colloide treten aber eigentümliche Erscheinungen auf.

Biltz³⁾ hat folgende Tatsachen festgestellt:

1. Entgegengesetzt geladene Colloide fällen sich auch ohne Elektrolytzusatz gegenseitig aus ihren Lösungen als gemischte Gele aus, während gleichartig geladene sich unter diesen Umständen nicht ausfällen. Bei Gegenwart eines Elektrolyten ist die Fällungswirkung im allgemeinen stärker als bei Colloiden allein.

2. Nur bei bestimmten Mengenverhältnissen der Colloide tritt eine vollständige Fällung beiderseits ein. Wird dieses Fällungsoptimum nach der einen oder anderen Richtung überschritten, so bleibt die Fällung ganz aus, oder sie ist unvollständig.

Aus den zahlreichen Versuchen von Biltz seien zwei Bei-

¹⁾ Natürlich kann auch hier die Diffusionsgeschwindigkeit der Basen maßgebend sein. Wie aus der auf S. 87 angegebenen Formel hervorgeht, verhält sich die Diffusionsgeschwindigkeit zweier Lösungen, wie ihr osmotischer Druck, dividiert durch die innere Reibung der Ionen. Die Summe der inneren Reibung der Ionen des Kalium- und Calciumhydrates müßte nur innerhalb der Colloidsubstanz nicht wesentlich verschieden sein; dann wären die Diffusionsgeschwindigkeiten zweier Lösungen direkt dem osmotischen Druck proportional:

$$\frac{d}{d_1} = \frac{2p}{f} \times \frac{f_1}{2p_1} \quad \text{für } f = f_1 \text{ folgt } \frac{d}{d_1} = \frac{p}{p_1}$$

(vergl. H. Euler, „Über die innere Reibung elektrolytischer Salzlösungen“, Zeitschr. f. phys. Chemie, 25, 1898, S. 537). Man muß nun annehmen, daß durch die Colloide die Kationen proportional dem osmotischen Druck bzw. der Dissociation der Salzlösungen in Hydrate verwandelt werden.

²⁾ Spring, (Bullet. de l'Acad. roy. Belg.) 3, 1899, 37, S. 300, Müller, „Allg. Chemie der Colloide“, Leipzig, 1907, S. 17 und S. 185.

³⁾ Biltz, W., „Über die gegenseitige Beeinflussung colloidal gelöster Stoffe“, Bericht d. D. chem. Ges., 1904, 37. Bd., S. 1095—1116.

spiele verkürzt wiedergegeben, um diese Verhältnisse deutlicher zu machen.

Je 10 cc einer colloidalen Goldlösung (negatives Colloid 1,4 mg Au enthaltend) wurden mit colloidalen Lösungen von Eisenhydroxyd und Aluminiumhydroxyd (positiv, je 5 cc verschiedener Konzentration) vermischt. Dabei zeigten sich kurz nach dem Vermischen folgende Erscheinungen:

bei Zusatz von Eisenhydroxyd	bei Zusatz von Aluminiumhydroxyd
0,32 mg Fe_2O_3 keine Fällung	0,009 mg Al_2O_3 keine Fällung
1,6 " " Flocken, Lösung rot (später rosa),	0,04 " " Blaufärbung, nach 4 Stunden Fällung
3,2 " " völlige Fällung, Lösung wird farblos,	0,18 " " Blaufärbung, nach 4 Stunden Fällung
4 " " Flockung, sehr langsames Absetzen,	0,54 " " keine Fällung.
8 " " keine Fällung (nach 1 Stunde sehr langsam absetzende Flocken).	

Von den zwei gleichwertigen und chemisch so nahe verwandten Metallen braucht man demnach ganz verschiedene Mengen zur Ausfällung des Goldes; das ungelöste metallische Gold kann auch mit den suspendierten, ungelösten Hydroxyden keine Salze gebildet haben. Eine chemische Reaktion ist demnach ausgeschlossen. Nicht gleiche chemische Affinitäten haben die Ausfällung des Goldes durch Eisen- und Aluminiumhydroxyd bewirkt, sondern gleiche elektrische Ladungen: elektrochemisch äquivalente Mengen bringen hier die gleiche Wirkung hervor.

Werden an Stelle der Pseudolösungen von Eisenhydroxyd und Aluminiumhydroxyd Salze dieser Basen verwendet, so wird an den Tatsachen der Absorption und Fällung wenig geändert, weil ja in diesen Lösungen die Hydroxyde bereits colloidal vorhanden sind; nur verstärkt dürfte nach Biltz¹⁾ die Erscheinung werden, wegen der gleichzeitigen Anwesenheit der Säure (eines Elektrolyten).

Ist eines der Colloide in unlöslichem Zustand vorhanden, so kann natürlich nur von Fällung und Absorption des gelösten (richtiger suspendierten) Colloids die Rede sein; auch hier liegen keine prinzipiellen Unterschiede vor. Denn Küster hat gefunden, daß das Jod von colloidal gelöster Stärke und von gelartig gequollener Stärke in gleicher Weise absorbiert wird.²⁾

¹⁾ Biltz a. a. O., S. 1115.

²⁾ Biltz, a. a. O. S. 1111.

Bei unseren Colloiden der Sphagnen und des Moostorfes handelt es sich um gequollene gelartige Körper und es sollte nun untersucht werden, ob hier die Absorption der dreiwertigen Metalle analog den Beobachtungen von Biltz verläuft. Eine Analogie wäre dann gegeben, wenn aus den colloidalen Lösungen der Hydroxyde oder der Salze des Eisens und Aluminiums nur bei einer bestimmten Konzentration die Metalle absorbiert würden, bei anderen Konzentrationen aber, über oder unter dem Optimum, gar keine oder eine stark abgeschwächte Absorption stattfinden würde. Ferner werden die Hydroxyde der dreiwertigen Metalle ganz andere Absorptionserscheinungen zeigen als ein- und zweiwertige Metalle, weil hier der Ausgleich der elektrischen Ladungen zwischen Colloiden in Frage kommt und die Diffusion der colloidalen Hydroxyde in die Colloide der Moorsubstanzen nur eine untergeordnete Rolle spielen kann; endlich könnten auch Eisenhydroxyd und Aluminiumhydroxyd selbst nicht im äquivalenten Verhältnis gebunden werden, weil diese Colloide verschiedene elektrische Ladung tragen.

Treten alle diese Erscheinungen ein, so ist ein weiterer, vollkommen sicherer Beweis geliefert, daß es sich bei Bindung der Basen durch Sphagnen und Moostorf nicht um Bildung unlöslicher Salze handeln kann. Denn 1. ergeben sich hier gleich zwei Verstöße gegen die Stöchiometrie und 2. wäre es unverständlich, warum die Salzbildung an die Anwesenheit bestimmter Mengen suspendierter Colloide gebunden sein sollte, warum sie bei großen oder geringen Mengen dieser, in Pseudolösung befindlichen Hydroxyde, unterbleiben sollte. Für Colloide dagegen ist dieses Verhalten verständlich: Gelartige Colloide müßten — nach den Beobachtungen von Biltz, V. Henri, S. Lalou, A. Mayer, G. Strodel, J. Billitzer, W. Pauli u. a.¹⁾ — die Hydroxyde bald in wechselnden Mengen binden, bald in Lösung belassen. So lange die Colloide der Sphagnen und des Moostorfes negativ geladen sind, müssen sie die Basen anziehen und festhalten. Ist aber der elektrische Ausgleich durch überschüssiges positives Hydroxyd erfolgt, so erlangen auch die Colloide von Sphagnum und Torf allmählich positive Ladung. Sie stoßen jetzt die Hydroxyde ganz oder teilweise wieder ab und stellen die ursprüngliche Pseudolösung wieder her.²⁾

¹⁾ Vergl. Müller, A., Allgemeine Chemie der Colloide, S. 78—80.

²⁾ Diese Vorgänge, die Pauli besonders auch am Eiweiß konstatiert hat, sind von außerordentlicher Bedeutung für die Ernährungsvorgänge der Pflanzen- und Tierkörper. Denn ein und derselbe an sich vollkommen neutrale Stoff kann in colloidaler Form je nach den Verhältnissen, sowohl die Rolle einer Säure als einer Basis spielen.

Verhalten von Aluminiumchlorid und Aluminiumacetat gegen Sphagnen und Moostorf.

Die Versuche wurden in derselben Weise ausgeführt wie früher. Nur konnte die von Sphagnen und Torf in Freiheit gesetzte Säure (bezw. die absorbierte Basis) nicht mehr durch Titrieren der abgespaltenen Säure festgestellt werden. Denn die Lösungen der Aluminiumsalze reagieren bereits stark sauer, weil schon durch das Wasser die Dissociation in freie Säure und Aluminiumhydroxyd teilweise eingetreten ist.¹⁾ Man mußte also die Menge der vorhandenen Tonerde vor und nach dem Absorptionsversuch in den angewandten Salzlösungen durch Gewichtsanalyse feststellen und konnte dann berechnen, wie viel absorbiert worden war.

Um einen Vergleich mit den früheren Zahlen zu ermöglichen, wurde jedoch auch hier die absorbierte Tonerde auf Säurewasserstoff umgerechnet. Die in der nachfolgenden Tabelle angeführten Zahlen geben also an, wie viel Säurewasserstoff durch Sphagnen und Moostorf aus Aluminiumchlorid und Acetat durch die Absorption von $\text{Al}(\text{OH})_3$ frei wird. Multipliziert man diese Zahlen mit $\frac{78}{3}$ oder 26, so erfährt man die Menge des jeweils absorbierten Aluminiumhydroxyds. Alle Zahlen beziehen sich auf 100 Teile Trockensubstanz von Sphagnen und Moostorf.

Aus Aluminiumchlorid abgespaltenen Säurewasserstoff in Milligramm

$$\text{bezw. absorbierte Menge } \text{Al}(\text{OH})_3 \times \frac{78}{3}$$

	a) durch Sphagnen	b) durch Moostorf
aus $\frac{1}{2}$ Normallösung . . .	0 (keine Absorption)	0
„ $\frac{1}{5}$ „ . . .	73,3	82,4
„ $\frac{1}{10}$ „ . . .	62,05	29,1
„ $\frac{1}{20}$ „ . . .	24,4	33,0
„ $\frac{1}{35}$ „ . . .	43,34	24,31
„ $\frac{1}{50}$ „ . . .	50,97	16,9
„ $\frac{1}{75}$ „ . . .	60,19	21,7
„ $\frac{1}{100}$ „ . . .	61,71	46,4
„ $\frac{1}{250}$ „ . . .	32,3 ²⁾	26,9

Nach diesen Zahlen wird das Aluminium in ganz unverhältnismäßig großen Mengen absorbiert gegenüber den ein- und zwei-

¹⁾ Man kann darum auch die Säure der gelösten Aluminiumsalze ohne weiteres mit Natronlauge titrieren, gerade so als ob gar kein Aluminium vorhanden wäre, wenn man die Salzlösungen stark mit Wasser verdünnt, also eine vollkommene Dissoziation herbeiführt.

²⁾ Die Gesamtmenge des in der Lösung vorhandenen Aluminiums wurde absorbiert.

wertigen Basen; in einzelnen Fällen in zehnmal so großer Menge. Diese Tatsache bestätigt wieder Schulzes Fällungsregel (S. 63). Bemerkenswert sind außerdem die großen Unregelmäßigkeiten in der Absorption. Während bei ein- und zweiwertigen Basen mit der Konzentration der Lösung auch die absolute Absorption gestiegen ist, sehen wir hier auffallende Schwankungen. Aus der $\frac{1}{50}$ Normallösung wird weniger absorbiert wie aus der $\frac{1}{100}$ Normallösung und aus einer $\frac{1}{20}$ Normallösung noch weniger (bei Sphagnen). Hier scheint also zum erstenmal ein elektrischer Ausgleich der Colloide stattzufinden. Dann steigt die Absorption in der $\frac{1}{5}$ Normallösung plötzlich und erreicht hier ihren höchsten Wert, fällt aber in der $\frac{1}{2}$ Normallösung vollständig ab, so daß hier in der konzentriertesten Lösung gar kein Aluminium, weder von Sphagnen noch von Moostorf, festgehalten wurde. Wir finden also die Analogie mit den Versuchen von Biltz u. a. in der $\frac{1}{2}$ Normallösung bestätigt: Die Colloide der Sphagnen und des Torfes können in dieser Lösung nicht mehr negativ geladen sein; sie absorbieren überhaupt keine Basen mehr. Sie sind umgeladen worden und haben ihre Absorptionskraft vollkommen verloren. Jede „Säurewirkung“ ist plötzlich verschwunden.

Die früher regelmäßig beobachtete Tatsache, daß aus den verdünntesten Lösungen relativ am meisten absorbiert wird, bleibt jedoch auch bei der Absorption des Aluminiums bestehen. Denn von dem ursprünglich in Lösung vorhandenen Aluminiumhydroxyd wurden folgende Prozente absorbiert:

	durch Sphagnen	durch Moostorf
aus $\frac{1}{2}$ Normallösung	0	0
„ $\frac{1}{6}$ „	4,54	5,23
„ $\frac{1}{10}$ „	7,69	3,69
„ $\frac{1}{20}$ „	6,05	8,37
„ $\frac{1}{35}$ „	18,80	10,79
„ $\frac{1}{50}$ „	31,58	10,72
„ $\frac{1}{75}$ „	56,0	20,71
„ $\frac{1}{100}$ „	76,5	58,80
„ $\frac{1}{250}$ „	100	85,50

Auffallend an den Zahlen der beiden Tabellen sind noch die Unterschiede, die Sphagnum und Moostorf gegen Aluminiumchlorid zeigen und die bei den früheren Versuchen in ganz anderer Weise beobachtet wurden. Während früher die Absorptionskraft für ein- und zweiwertige Basen im allgemeinen bei den Sphagnen etwas geringer war als beim Torf, ist jetzt umgekehrt das Absorptions-

vermögen für Aluminium bei den Sphagnen höher. Diese Erscheinung dürfte sich jedoch ebenfalls durch die größere Menge der in den Sphagnen bereits absorbierten Basen erklären: Diese Basen werden durch die abgespaltene Salzsäure gelöst; sie neutralisieren dieselbe teilweise und verzögern hiedurch die Umladung der Sphagnumcolloide.

Demgemäß stellt sich auch bei den jetzt zu beschreibenden Absorptionsversuchen mit essigsäurem Aluminium das ursprüngliche Verhältnis zwischen Sphagnen und Moostorf in den konzentrierten Lösungen wieder her. Denn die freie Essigsäure enthält relativ sehr wenig freie Ionen, kann darum auch eine Umladung der Colloide nicht so leicht hervorrufen.

Aus Aluminiumacetat abgespaltener Säurewasserstoff in mg
bzw. absorbiertes $\text{Al}(\text{OH})_3 \times 26$.

	a) Durch Sphagnen	b) Durch Moostorf
aus Normallösung	205,1	265,1
„ $\frac{1}{2}$ Normallösung	197,3	258,0
„ $\frac{1}{10}$ „	269,5	267,9
„ $\frac{1}{40}$ „	192,2	164,6
„ $\frac{1}{50}$ „	161,4*)	152,9
„ $\frac{1}{250}$ „	32,3*)	31,5*)

*) Es wurde alles Aluminium aus der Lösung absorbiert.

Von dem in Lösung gebotenen Aluminiumhydroxyd wurden absorbiert
in Prozenten:

	a) durch Sphagnen	b) durch Moostorf
aus Normallösung	2,54	3,36
„ $\frac{1}{2}$ Normallösung	4,89	6,42
„ $\frac{1}{10}$ „	33,3	34,0
„ $\frac{1}{40}$ „	95,2	83,5
„ $\frac{1}{50}$ „	100	97,0
„ $\frac{1}{250}$ „	100	100

Aus Acetatlösungen wird also das Aluminium noch viel stärker absorbiert als aus Chloridlösungen und zwar wird es aus den verdünntesten Lösungen vollständig herausgenommen. Zwischen Sphagnen und Moostorf bestehen nur geringe Unterschiede. Am stärksten ist die Absorption in den $\frac{1}{10}$ N.-Lösungen; sie ist hier zwei- bis dreimal so stark wie bei den Acetaten der zweiwertigen Basen. In der $\frac{1}{2}$ N.-Lösung wird die Absorption bedeutend schwächer. Die Colloide werden hier teilweise umgeladen, doch scheint die Absorptionskraft in der Normal-

lösung wieder zu steigen. Eine vollständige Umladung der Colloide wie in den Chloridlösungen wurde also hier nicht beobachtet, woraus hervorgeht, daß die abgespaltene Salzsäure mit der viel größeren Anzahl freier Ionen einen weit stärkeren Einfluß auf diesen Vorgang besitzen muß.¹⁾

Verhalten des Eisenchlorids gegen Moostorf.

Das Eisenchlorid kann in seiner Absorptionsfähigkeit nicht direkt mit dem Aluminiumchlorid verglichen werden. Denn sowohl Sphagnen als Moostorf machen nicht allein einen Teil des Eisens unlöslich, sondern sie reduzieren gleichzeitig einen andern Teil zu Oxydulsalz, das sich nach dem Absorptionsversuch in der Lösung vorfindet. Es bleibt also unentschieden, wie viel dreiwertiges und wie viel zweiwertiges Eisen in das Colloid übergegangen ist.

Überdies bereitet die Ausfällung des Eisens aus den Lösungen nach der Absorption Schwierigkeiten. Das Eisen konnte nicht vollständig mit Ammoniak gefällt werden. Man mußte die Lösungen nach dem Versuch mit Salpetersäure eindampfen und den Rückstand glühen, um das Eisen in unlösliche Form überzuführen. Vorläufig wurden deshalb, zur allgemeinen Orientierung über die Frage, die uns zunächst interessiert, nur Versuche mit dem Sphagnumtorf ausgeführt, die ja bisher immer analog den Versuchen mit Sphagnen verliefen. In der nachstehenden Tabelle sind ähnlich wie beim Aluminiumchlorid die absorbierten Eisenmengen auf den Säurewasserstoff umgerechnet worden, der aus dem Chlorid (bezw. Chlorür) abgespalten wurde; zugleich wurde berechnet, wie viel Prozente von dem in den Lösungen gebotenen Eisen unlöslich gemacht wurde.

Die Absorption verläuft ebenso unregelmäßig wie beim Aluminiumchlorid. Aus den verdünntesten Lösungen wird nicht am meisten Eisen aufgenommen, vielmehr zeigt sich die größte absolute Absorption in der $\frac{1}{20}$ N.-Lösung; relativ wird am meisten Eisen aus der $\frac{1}{100}$ N.-Lösung absorbiert. Schon in der $\frac{1}{5}$ Normallösung ist das Colloid umgeladen und nimmt kein Eisen mehr auf; das Eisen zeigt also hier dieselben Eigentümlichkeiten wie das

¹⁾ Man kann sich den Vorgang auch ohne Zuhilfenahme der Dissociationstheorie und der Colloidchemie so vorstellen, daß die Colloide in der $\frac{1}{5}$ N Aluminiumchloridlösung so viel Salzsäure frei machen würden, daß eine Absorption des Aluminiumhydroxyds nicht mehr stattfinden kann; während die aus den Lösungen des Aluminiumacetats in Freiheit gesetzte Essigsäure wegen ihrer geringen Acidität die Absorption des Hydroxyds nicht zu hindern vermag.

Aluminiumchlorid und die von Biltz untersuchten Colloide. Wie die Tabelle ferner zeigt, wurde durchweg viel weniger Eisen als Aluminium absorbiert, doch ist die Absorption, da wo sie am intensivsten verläuft, immer noch ca. dreimal so stark, wie bei den zweiwertigen Chloriden (s. S 95 und 83).

Konzentration der Lösung	Abgespaltener Säurewasserstoff in mg = absorbierte $\text{Fe}(\text{OH})_2 \times \frac{106,85}{3}$	Von dem gebotenen Eisen wurde absorbiert in %
$\frac{1}{2}$ normal	0	0
$\frac{1}{5}$ "	0	0
$\frac{1}{10}$ "	15,90	2,02
$\frac{1}{20}$ "	31,09	7,88
$\frac{1}{50}$ "	21,43	13,59
$\frac{1}{100}$ "	23,15	29,37
$\frac{1}{250}$ "	4,85	15,41
$\frac{1}{500}$ "	1,83	11,65 ²⁾
$\frac{1}{250^1}$ "	13,15	41,72 ³⁾

Der letzte Versuch zeigt, daß die Absorption innerhalb dreier Stunden nicht beendet ist, sondern wahrscheinlich infolge Reduktion des Eisenoxyds und langsamer Diffusion des Oxyduls und Oxyds weiter fortschreitet.

Verhalten des colloidalen Eisenhydroxyds gegen Sphagnumtorf.

Es erschien nun von Interesse, die Säurewirkung in den Salzen der dreiwertigen Metalle auszuschalten und direkt mit einem colloidalen Hydroxyd Versuche anzustellen, so wie es von Biltz geschehen ist. Hiezu wurde eine colloidale Lösung von Eisenhydroxyd verwendet, die Merck in Darmstadt hergestellt hatte. Die verdünnte Lösung gibt keine Reaktion mit Ferrocyankalium oder Rhodankalium. Es waren also keine freien Eisenjonen mehr darin enthalten; das Hydroxyd ist in unlöslichem Zustand in der Pseudolösung suspendiert. Ganz in der Übereinstimmung hiemit zeigt sich, daß Sphagnen und Moostorf diese Hydroxydlösung nicht reduzieren können. Zwei unlösliche Körper wie das Eisenhydroxyd in der Pseudolösung und die Emulsionscolloide wirken also chemisch nicht aufeinander ein (vergl. S. 52).

¹⁾ Nach 48stündigem Stehen.

²⁾ Spur Ferrisalz; alles übrige Eisen ist zu Oxydul reduziert.

³⁾ Spur Ferrisalz; alles übrige Eisen ist zu Oxydul reduziert.

Trotzdem fand eine Absorption statt; diese kann nur auf physikalischer Anziehung beruhen, wahrscheinlich auf dem Ausgleich elektrischer Ladungen des positiven und negativen Colloids. Denn sie verlief ganz ähnlich wie bei den Versuchen von Biltz. In sehr verdünnter ($1/_{1000}$ N.)-Lösung wurde gar kein Eisen und aus der $1/_{250}$ N.-Lösung alles Eisen absorbiert; dagegen konnten die Torfcolloide aus der $1/_{5}$ und $1/_{2}$ N.-Lösung wieder gar kein Eisen aufnehmen. Die Versuche wurden in der Art ausgeführt, daß je 3 g lufttrockener Torf mit je 200 cc coll. Eisenhydroxydlösung verschiedener Konzentration drei Stunden unter öfterem Umschütteln in Berührung gelassen und das Eisen im Filtrat sofort bestimmt wurde, durch Abdampfen und Glühen der Lösung und Wägen des Rückstandes. Hierbei gehen aus dem Torf nur minimale Mengen Aschenbestandteile in Lösung, ein Zeichen, daß das colloidale Eisenhydroxyd nicht unter Austausch von Basen absorbiert wird, sondern sich direkt an die Torfcolloide anlagert.

Folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Versuche:

Konzentration der colloidalen Eisenhydroxydlösung	Die von 100 g Trockensubstanz absorbierte Menge Eisenhydroxyd würde entsprechen Säurewasserstoff in mg	Absorbierte Menge Eisenoxyd Fe_2O_3 in g	Von dem in Lösung gebotenen Eisenhydroxyd werden absorbiert in $\%$
$1/_{2}$ normal	0	0	0
$1/_{5}$ „	0	0	0
$1/_{10}$ „	10,95	0,291	1,41
$1/_{20}$ „	12,58	0,335	3,24
$1/_{50}$ „	17,49	0,465	11,24
$1/_{100}$ „	26,80	0,713	34,47
$1/_{250}$ „	31,95	0,850	100 ¹⁾
$1/_{500}$ „	11,10	0,295	71,40
$1/_{1000}$ „	0	0	0 ²⁾

Nach den Zahlen der Tabelle dürfte mit Biltz anzunehmen sein, daß das colloidale Eisenhydroxyd fähig ist, die negativen Colloide von Sphagnum und Moostorf umzuladen, so daß in der konzentrierten Eisenlösung keine Absorption mehr erfolgen kann.

Fassen wir die Ergebnisse aller Versuche mit den dreiwertigen Basen zusammen, so können wir auch hier die Wirkung einer

¹⁾ In der $1/_{250}$ N Lösung, aus welcher alles Eisen absorbiert wurde, fand sich in 100 cc Absorptionsflüssigkeit nur mehr 0,1 mg Aschenrückstand, ein sicherer Beweis, daß kein Austausch von Basen stattfand.

²⁾ In 100 cc der Absorptionsflüssigkeit fanden sich nach der Absorption 2,7 mg Aschenrückstand (statt der berechneten Menge von 2,6 mg).

„Sphagnumsäure“ oder „Humussäure“ nicht entdecken. Eisenhydroxyd und Aluminiumhydroxyd (aus essigsaurer Lösung) werden nicht in stöchiometrischen Verhältnissen aufgenommen. Ja die Absorption versagt plötzlich bei einer bestimmten Konzentration der Salzlösungen und Eisenhydroxydlösung ihren Dienst und beläßt die Metalle ganz in Lösung. Diese merkwürdige Erscheinung läßt wohl nur die Deutung zu, daß die Aufnahme aller Basen durch Sphagnen und Moostorf durch die eigentümliche Wirksamkeit negativ geladener Colloide erfolgt.

Wir haben bisher des bequemen Vergleichs halber die Absorption der Basen in Wasserstoff-Äquivalenten dargestellt. Erst durch Multiplikation dieser Zahlen mit dem Äquivalentgewicht der Basis würde man die Gewichtsmenge der Basen erfahren, die von 100 g Trockensubstanz der Sphagnen und des Moostorfes absorbiert worden sind.

Da es für manche Fälle wünschenswert sein kann, das Gewicht der absorbierten Basis zu kennen, so fügen wir noch eine Tabelle an, welche angibt, wie viel Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Aluminiumoxyd und Eisenoxyd in g durch 100 g Sphagnen bzw. Torf aus drei verschiedenen konzentrierten Salzlösungen (Normal, $\frac{1}{10}$ N. und $\frac{1}{250}$ N.) absorbiert worden sind, infolge Abspaltung entsprechender Säuremengen aus den Salzen. Wir sehen aus der Tabelle, wie die Sphagnen den verdünnten Lösungen die Basen Kali, Kalk, Magnesia ungefähr in demselben Verhältnis entnehmen, wie sie zu ihrer Ernährung nötig sind und wie sie sich in ihrer Asche wieder finden.

A. Aus den Chloridlösungen wurden folgende Gewichtsmengen Basen an Stelle der abgespaltenen Salzsäure absorbiert.

	Durch 100 g Sphagnum-Trockensubstanz Gramm			Durch 100 g Torf-Trockensubst. Gramm		
	Normal	$\frac{1}{10}$ N.	$\frac{1}{250}$ N.	Normal	$\frac{1}{10}$ N.	$\frac{1}{250}$ N.
Na ₂ O	0,1999	0,0998	0,081	0,3785	0,1708	0,073
K ₂ O	0,3226	0,2091	0,170	0,6217	0,3617	0,2412
CaO	0,2941	0,2092	0,1584	0,5249	0,3534	0,2653
MgO	0,2115	0,1463	0,0976	0,3415	0,2224	0,1669
Al ₂ O ₃	$\frac{1}{2}$ normal 0,00	1,0567	0,5500	0,0	0,4956	0,4581
Fe ₂ O ₃				0,0	0,4231	0,1291

B. Aus den Acetatlösungen wurden folgende Gewichtsmengen Basen an Stelle der abgespaltenen Essigsäure absorbiert.

	Durch 100 g Sphagnum-Trockensubstanz Gramm				Durch 100 g Torf-Trockensubst. Gramm			
	$\frac{3}{1}$ N	$\frac{1}{1}$ N	$\frac{1}{10}$ N	$\frac{1}{250}$ N	$\frac{3}{1}$ N	$\frac{1}{1}$ N	$\frac{1}{10}$ N	$\frac{1}{250}$ N
Na ₂ O . .	2,4760	2,3008	1,6256	0,3001	3,6162	3,3598	2,4189	0,4765
K ₂ O . .	3,8189	3,4199	2,4511	0,4654	5,4942	5,0859	3,7124	0,7333
CaO . .	2,2962	2,2283	1,7531	0,5089	3,4256	3,2378	2,5859	0,7072
Al ₂ O ₃ . .	nicht be- stimmt	3,4929	4,5896	0,5500	nicht be- stimmt	4,5147	4,5623	0,5364

Prüfung der Säuren.

e) Abscheidung der Säuren durch Sphagnen und Moostorf aus verschiedenen Natriumsalzen.

An Sphagnen und Moostorf bestätigen sich, wie wir gesehen haben, alle Gesetzmäßigkeiten, die man für das Verhalten negativer Colloide bei der Absorption der Basen aufgefunden hat. Nun ist noch zu untersuchen, welchen Einfluß hierbei die Natur der Säure ausübt, die mit der Basis verbunden ist. Daß essigsäure Salze viel mehr Basis an das Colloid abgeben als Chloride, ist bereits festgestellt worden. Außerdem wurden noch JH, BrH, NO₃H und SO₄H₂ zum Vergleich herangezogen und zwar in ihren Natronsalzen. Die Versuche wurden genau wie früher mit 3 g Substanz und 200 cc der betr. Salzlösung ausgeführt. Die abgeschiedene, mit Phenolphthalein und $\frac{1}{10}$ N.-Lauge titrierte Säuremenge wurde auf Trockensubstanz berechnet. In nachfolgender Tabelle sind des besseren Vergleichs wegen nochmals die Ergebnisse mit Chlor-natrium und Natriumacetat angeführt.

Die aus verschiedenen Natriumsalzen abgespaltene Menge Säurewasserstoff betrug in Milligramm pro 100 Teile Trockensubstanz:

Konzentration der Lösung	a) bei Sphagnen					
	Chlor- natrium	Brom- natrium	Jod- natrium	Natrium- nitrat	Natrium- sulfat	Natrium- acetat
3fach normal	5,62	6,02	16,66	5,62	—	79,87
2 " "		nicht bestimmt			18,55	79,87
normal . .	6,45	7,26	10,90	6,85	16,13	74,22
$\frac{1}{2}$ normal . .	6,05	6,25	8,07	6,05	10,49	68,17
$\frac{1}{10}$ " . .	3,22	3,63	4,44	3,22	3,63	52,44
$\frac{1}{50}$ " . .	3,02	3,22	3,22	3,02	3,22	30,66
$\frac{1}{250}$ " . .	2,62	2,82	2,62	2,62	2,62	9,68
Mittel . . .	4,50	4,86	7,65	4,56	9,10	56,42

b) bei Moostorf

Konzentration der Lösung	Chlor- natrium	Brom- natrium	Jod- natrium	Natrium- nitrat	Natrium- sulfat	Natrium- acetat
3fach normal	10,24	9,06	14,19	11,03	—	116,65
2 „ „		nicht bestimmt			32,71	114,68
normal	12,21	11,43	9,06	11,43	27,19	108,38
$\frac{1}{2}$ normal	10,24	10,64	9,06	10,24	20,88	98,38
$\frac{1}{10}$ „	5,51	5,91	6,30	5,51	8,67	78,03
$\frac{1}{60}$ „	3,55	3,94	3,94	3,55	3,94	44,92
$\frac{1}{250}$ „	2,36	2,56	2,16	2,36	2,36	15,37
Mittel	7,35	7,26	7,45	7,35	15,96	82,34

Die oben stehenden Ergebnisse zeigen tatsächlich die Abscheidung der Säuren in der auf S. 81 angegebenen Reihenfolge. Chlorwasserstoff- und Bromwasserstoffsäure, sowie Salpetersäure werden in nahezu gleicher bzw. vollkommen gleicher Menge abgeschieden, darauf folgt mit erheblichem Abstand die Schwefelsäure, endlich mit noch größerem Abstand die Essigsäure. Bei der Einwirkung von Moostorf auf Jodnatrium wurde in den beiden konzentrierten Lösungen das Auftreten von freiem Jod beobachtet (in der Normallösung allerdings nur Spuren). Früher war auch in den mit Sphagnen behandelten Lösungen freies Jod nachgewiesen worden (vergl. S. 46). Wahrscheinlich ist die leichte Zersetzlichkeit konzentrierter Jodidlösung und die abgespaltene Jodwasserstoffsäure die Ursache.

Die Erscheinung, daß die Säuren bzw. ihre Anionen in der bekannten Reihenfolge wirken, kann auf verschiedene Umstände zurückgeführt werden. So wird durch unorganische Salze die Oberflächenspannung des Wassers gegen Luft, auch die innere Reibung der Lösungen in der Reihenfolge NO_3 , Cl , SO_4 erhöht, während die Kompressibilität der Salzlösungen, die Löslichkeit schwer löslicher Stoffe in der gleichen Reihenfolge sich erniedrigt.¹⁾

Von Wichtigkeit für unsere quellungsfähigen Colloide ist der Nachweis, den Hofmeister erbracht hat, daß die Quellung durch die Anionen in der Reihenfolge Cl , NO_3 , SO_4 begünstigt wird. Die Essigsäure stellt sich (mit der Phosphorsäure) bei den meisten Versuchen über Quellung, Fällung der Eiweißkörper von Hofmeister, Pauli u. a. zwischen Schwefelsäure und Salzsäure. Sie wirkt also stärker fällend und weniger quellend auf Eiweißstoffe.²⁾ Wir haben Versuche ausgeführt, um zu erkennen, ob die Quellung unserer Colloide durch die Gegenwart der verschiedenen Salze wesentlich beeinflusst wird. Zu diesem

¹⁾ Näheres hierüber vergl. Freundlich, Zeitschr. f. physik. Chemie, 1907, 57, S. 436 ff., ferner dessen „Capillarchemie“, Leipzig, 1909, S. 411, 424 und Ostwald, Grundr. d. Colloidchemie S. 458.

²⁾ Hofmeister's Versuche über Quellung wurden mit einem tierischen

Zweck wurde das Absorptionsvermögen von Sphagnum und Torf für Wasser bei Gegenwart der verschiedenen Salze nach den neuen Methoden der Moorkulturstationen untersucht. Diese Versuche gaben aber keine klaren, eindeutigen Ergebnisse. Im allgemeinen wurde in den konzentrierten Lösungen (1 Normal) die Wasseraufnahme durch essigsäures Natrium am meisten begünstigt. In den verdünnten Lösungen ($\frac{1}{50}$ N.) war zwischen schwefelsaurem und essigsäurem Natrium kein Unterschied mehr zu bemerken, während in Natriumchloridlösung stets weniger Wasser als in den Lösungen dieser beiden Salze aufgenommen wurde. Bei den Sphagnen wurden in $\frac{1}{2}$ N.-Lösungen durchweg weniger Wasser aufgenommen als in Normal- und $\frac{1}{50}$ N.-Lösungen.¹⁾

Am leichtesten vermag man sich die Abspaltung verschiedener Säuremengen aus verschiedenen Natronsalzen zurecht zu legen, wenn man sich erinnert, daß sie nur eine Folge der Absorption der Basis ist und daß diese Basis nur in sehr lockerer Absorptionsverbindung sich mit dem Colloid vereinigt. Je stärker die Säure ist, die sich von der Basis trennt, je mehr freie H-Jonen sie enthält, um so stärker ist der Zug, den sie auf die absorbierte Basis ausübt, um sie wieder in Lösung zu bringen. Die abgespaltene Salzsäure, Salpetersäure, Bromwasserstoffsäure sind ungefähr gleich stark dissociiert, sie müssen den gleichen Zug auf die absorbierte Basis ausüben, müssen sich also in gleicher Menge nach dem Absorptionsversuch in den Salzlösungen vorfinden, und da sie die stärksten Säuren sind, kann auch nur wenig Basis aus ihren Salzen absorbiert werden. Dagegen ist freie Schwefelsäure weniger und freie Essigsäure noch viel weniger in freie Ionen gespalten. Von diesen Säuren wird von den Sphagnen und Torfcolloiden mindestens so viel frei gemacht werden, daß die H-Jonen die gleiche Konzentration erreichen, wie in den übrigen Salzlösungen, also den gleichen Zug auf die absorbierte Basis ausüben.

In sehr verdünnter Lösung sind aber auch Schwefelsäure und Essigsäure sehr stark dissociiert; die Unterschiede müssen demgemäß immer mehr schwinden, je verdünnter die Salzlösungen

Colloid (Leim) ausgeführt. Natriumsalze begünstigten die Quellung in folgender Reihenfolge:

Natriumchlorat, Natriumnitrat, Bromnatrium
Chlornatrium
Natriumacetat
Natriumsulfat, Tartrat, Citrat.

Vergl. Hofmeister, „Zur Lehre von der Wirkung der Salze“. Archiv f. exp. Path. u. Pharm., 1891, 28, S. 215.

¹⁾ Dies stimmt mit den Beobachtungen Hofmeisters überein, daß die Gelatine aus einer Salzlösung bei einem bestimmten geringen Salzgehalt am meisten Wasser aufnimmt, während die Aufnahme von dest. Wasser, sowie von Wasser aus einer konzentrierten Salzlösung hinter diesem Maximum zurückbleibt. (Hofmeister a. a. O. S. 237.)

werden. In sehr verdünnten Sulfatlösungen tritt tatsächlich die gleiche Basenabsorption und Säureabspaltung ein, wie in Chlorid- und Nitratlösungen, weil die frei gewordene Schwefelsäure sich in den stark verdünnten Lösungen völlig dissociert, also ebenso stark wird als Salzsäure oder Salpetersäure (vergl. S. 69). Nur die Essigsäure, die sich erst in unendlicher Verdünnung völlig aufspalten könnte, muß auch aus stark verdünnter Acetatlösung noch mehr Basis an das Colloid abgeben und demnach sich in größerer Menge abscheiden, als die unorganischen Säuren.

Andererseits muß in den konzentrierteren Salzlösungen eine wichtige Regel, welche die physikalische Chemie uns erläutert hat, in Erscheinung treten, nämlich die, daß mittelstarke und schwache Säuren bei Gegenwart ihrer Neutralsalze viel schwächer wirken, als in reinem Zustande bei gleicher Konzentration und gleichem Säuretitre. In den konzentrierteren Acetatlösungen kann demnach die frei gewordene Essigsäure nur eine sehr geringe Wirkung auf die absorbierte Basis ausüben.¹⁾ Solche saure Acetatlösungen verhalten sich ähnlich wie neutrale Salzlösungen. Hieraus erklärt sich, warum aus konzentrierter Natriumacetatlösung ungefähr ebenso viel Basis absorbiert wird, wie aus Natronlauge im geringen Überschuß.

Demgemäß lassen sich auch in den Acetatlösungen die Gesetze der Absorption der Basen mittels Absorptionskurve und Absorptionsformel viel besser und deutlicher nachweisen, wie in den Lösungen der Chloride und Sulfate, wie wir gleich sehen werden.

f) Darstellung der Säureabspaltung und Basenabsorption durch Sphagnen und Moostorf mittels Absorptionskurve und Absorptionsformel; die Bestimmung der Absorptionsgröße.

Wenn man in ein rechtwinkeliges Koordinatensystem als Abscissen die Konzentration der Lösungen einträgt, die zu den Absorptionsversuchen dienen, und als Ordinaten die abgespaltene Menge Säurewasserstoff, d. i. die Grammäquivalente der an Stelle dieses Wasserstoffes absorbierten Basis, so erreicht man folgende Vorteile:

1. Man kann mit einem Blick den Verlauf der Absorption aus den verdünntesten Lösungen bis zu den konzentriertesten verfolgen und die Unterschiede und Eigentümlichkeiten erkennen, welche die einzelnen Salze unter sich zeigen.

¹⁾ Vergl. Ostwald, Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie, 4. Aufl., Leipzig, 1904, S. 64 und 65.

2. Man kann, ohne weitere Versuche anzustellen, an den Kurven ausmessen (interpolieren) oder auch berechnen, wie groß die Absorption bei einer beliebigen Konzentration der Salzlösung ist.

[Absorptionsisotherme der wasserfreien Sphagnum für Natriumhydrat aus Natriumsalzen mit verschied. Säuren.

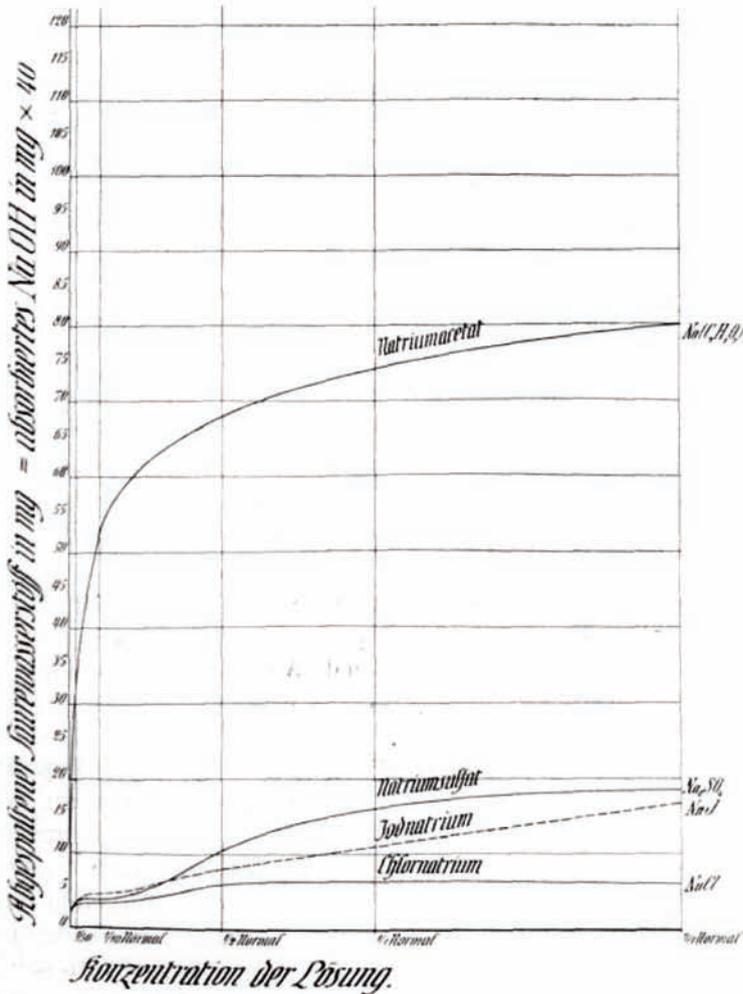


Fig. 1.

3. Man kann aus dem Verlauf der Kurven erkennen, ob in Sphagnum oder Moostorf die gleichen Colloide wirksam sind und

ob wir es in allen Fällen mit reinen Absorptionswirkungen zu tun haben.

1^{te} Absorptionssatzformel des wasserfreien Sphagnumtorfs für Natriumhydrat aus Natriumsalzen mit verschied. Säuren.

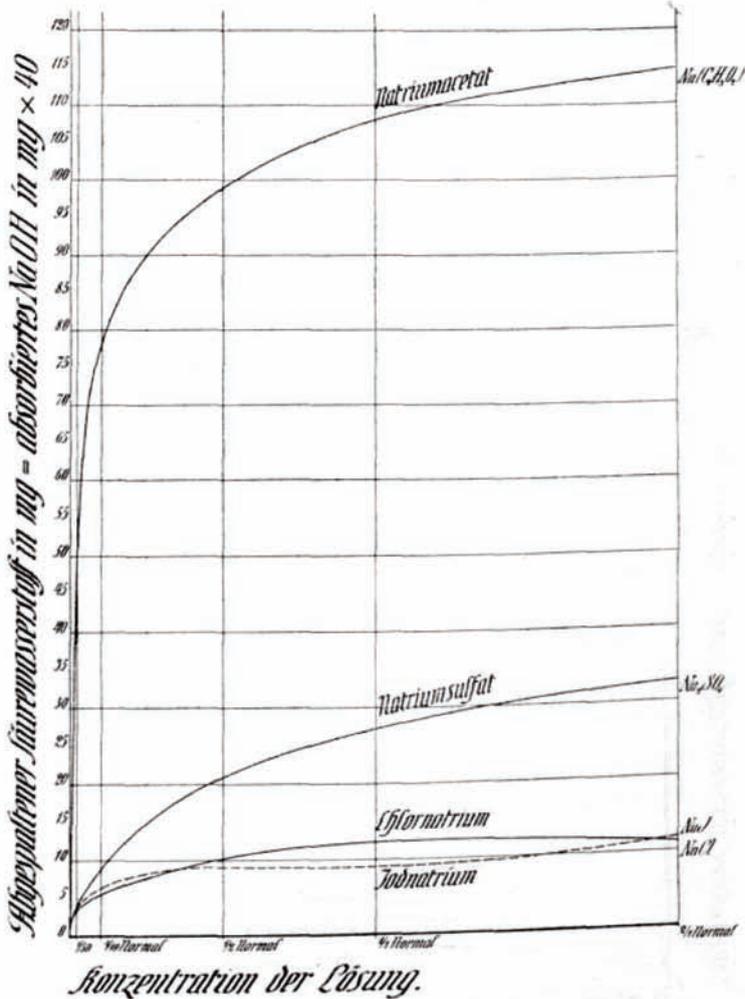


Fig. 2.

Figur 1 und 2 geben die graphische Darstellung der zuletzt besprochenen Versuche mit verschiedenen Natronsalzen. Sie zeigt, wie viel Wasserstoff aus dem Chlorid, Jodid, Sulfat, Acetat abgespalten bzw. wie viel Grammäquivalente Natriumhydrat von 100 g Sphagnum und Moostorf bei derselben Temperatur und unter den ange-

gegebenen Versuchsbedingungen aus diesen Salzen absorbiert werden. Die Kurven für Bromnatrium und Natriumnitrat wurden nicht eingetragen, weil sie mit der von Chlornatrium fast vollkommen zu-

II Absorptionsisotherme der wasserfreien Sphagnum für verschiedene Metalle aus Acetaten und Chloriden.

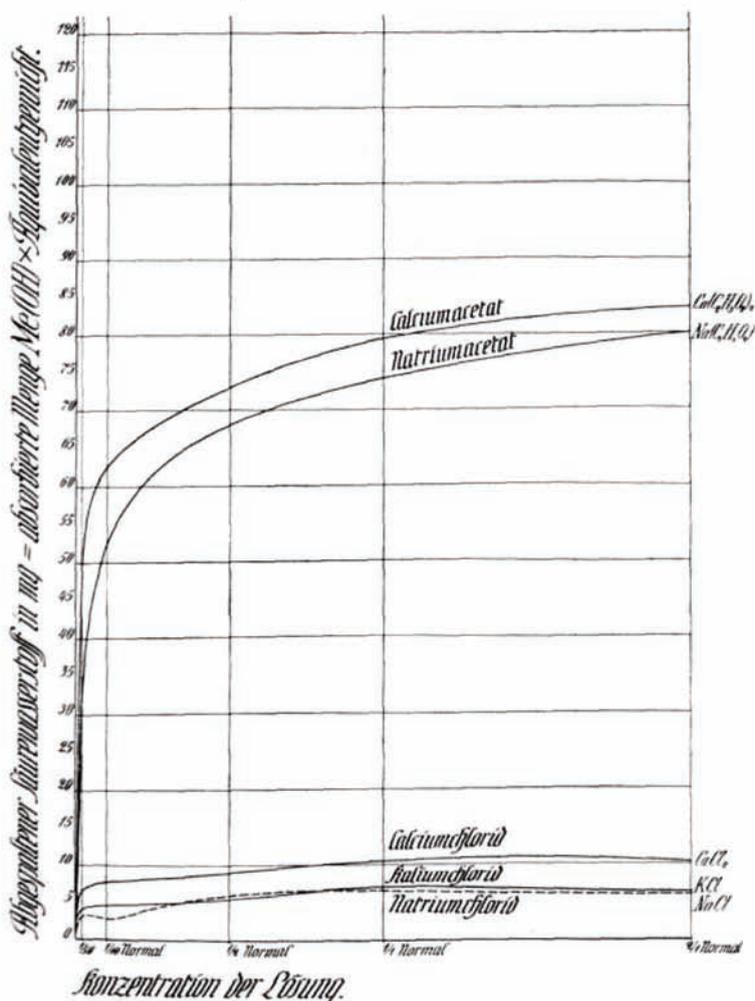


Fig. 3.

sammengefallen wären. Wir erkennen aus diesen „Absorptionsisothermen“, wie aus den verdünntesten Lösungen alle Basis herausgezogen wird, wie die Absorption mit der Konzentration allmählich

abnimmt, wie diese Abnahme aber zuerst beim Chlor- und Jodnatrium beginnt, die am wenigsten Basis abgeben, während aus dem Sulfat mehr und aus dem Acetat noch mehr Natriumhydrat

II^a Absorptionsisothermie des wasserfreien Sphagnumtorfes für verschiedene Metalle aus Acetaten und Chloriden.

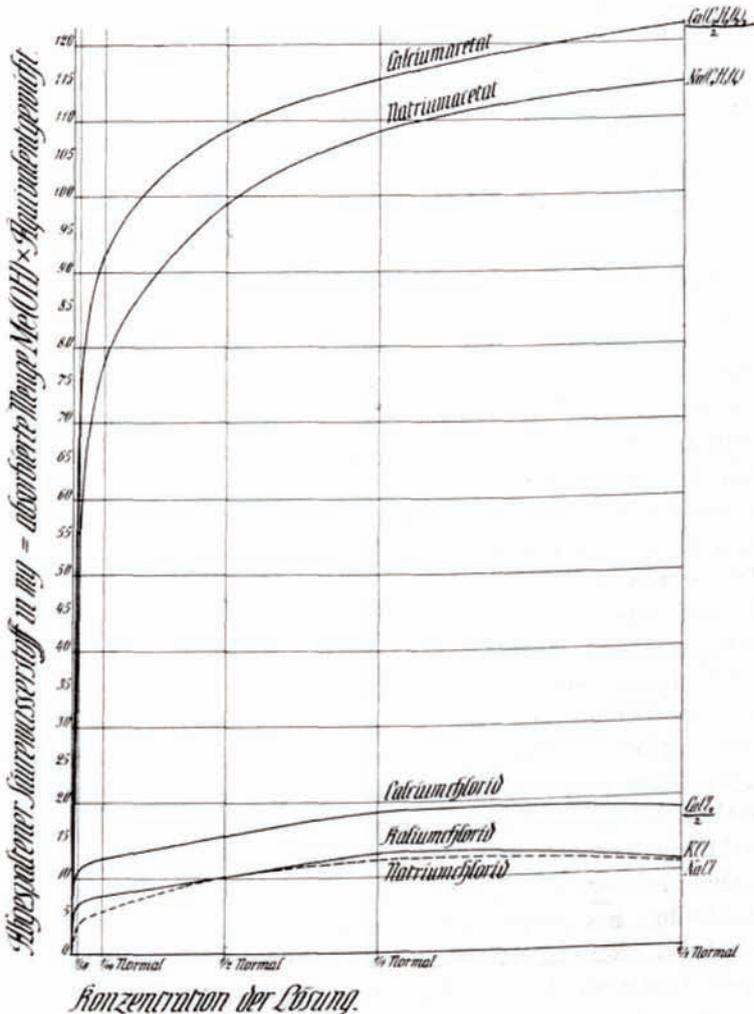


Fig. 4.

absorbiert wird. Die Kurve des Chlornatriums geht bald in eine gerade Linie über, zum Zeichen, daß die Absorption mit der Konzentration der Lösung bald nicht mehr zunimmt, ja sie senkt

sich wieder in den ganz konzentrierten Lösungen, während die Kurve des Natriumsulfates stetig ansteigt, und die des Natriumacetates die charakteristische Form der Absorptions-Kurve erreicht. In den Salzen mit starken Säuren kann sich die Absorptionskurve nicht entwickeln, weil die frei werdenden H-Jonen die weitere Absorption verhindern. Die Senkung der Kurve, d. i. die Abnahme der Absorption bei Chlornatrium deutet auf eine Zustandsänderung der Colloide (Oberflächenverkleinerung) durch die konzentrierte Salzlösung hin, oder auch auf eine allmähliche Umladung der Colloide durch die freie Salzsäure. Dagegen ist die frei gewordene Essigsäure, namentlich wegen des im Überschuß vorhandenen Acetats so schwach, daß sie der gleichmäßig fortschreitenden Absorption des Natriumhydrats kein Hindernis in den Weg stellen kann (vergl. S. 105).

Figur 3 und 4 zeigen uns die Unterschiede in der Abspaltung des Säurewasserstoffes aus Salzen mit ein- und zweiwertigen Metallen bei Sphagnen und Moostorf und zwar wurden die Calciumsalze für die zweiwertigen Metalle zur Darstellung benützt, weil bei ihnen die Absorption am regelmäßigsten verlaufen ist. Die Kurven zeigen die Absorption der Basen nur im Verhältnis der äquivalenten Menge Wasserstoff, nicht etwa nach den Gewichtsmengen der Basen selbst. Würde man die Kurven für die Basen selbst konstruieren, so könnte man das Gesetz der Basenabsorption überhaupt nicht erkennen. Denn das Äquivalentgewicht für CaO (= 28) ist viel kleiner als das für K₂O (= 47); es wird demgemäß gleich viel oder eine größere Gewichtsmenge Kali als Kalk absorbiert, während das Natriumhydrat (Na₂O = 31) stets in geringerer Menge als Kalk von den Colloiden festgehalten wird. (vergl. die Tabelle S. 101).

Die nächste Abbildung (Figur 5) zeigt den merkwürdigen Verlauf der Absorption des Aluminiums bei Aluminiumchlorid und Aluminiumacetat. Bei dem Aluminiumchlorid erkennt man den wiederholten Versuch der freien Salzsäure, das Colloid umzuladen, dem aber immer die erhöhte Konzentration der Salzlösung entgegenarbeitet, bis schließlich in der 1/2 N.-Lösung (vielleicht auch schon etwas eher) die Absorptionskraft der Colloide ganz erlischt. Dagegen findet in den verdünnten Lösungen des Aluminiumacetats eine starke Absorption statt, die aber auch schon in der 1/10 N.-Lösung sich umzukehren beginnt und in der 1/2 N.-Lösung erheblich geschwächt ist.

Ähnliche Verhältnisse finden wir beim Eisenchlorid und Eisenhydroxyd wieder, nur mit dem Unterschied, daß hier sowohl in

der verdünntesten als in der konzentriertesten Lösung überhaupt kein Eisen absorbiert wird. Die Wirksamkeit des Torfcolloids gegen-

Absorptionsisotherme der Sphagnum und des Sphagnumtorfes für Aluminiumhydrat aus Aluminiumacetat u. Aluminiumchlorid.

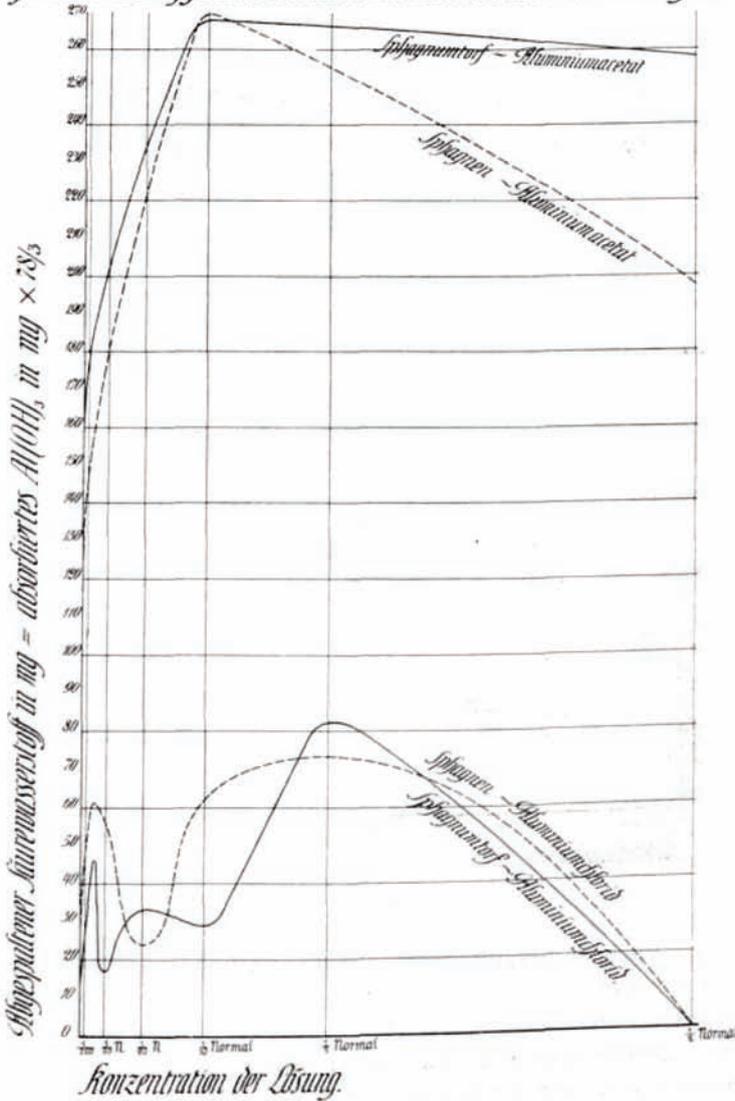


Fig. 5.

über dem Eisen ist auf ganz bestimmte Verdünnungen beschränkt. Selbstverständlich ist hier eine Säurewirkung und ein gewöhnlicher

Absorptionsvorgang ausgeschlossen. Hier scheinen nur elektrische Kräfte im Spiel zu sein (vergl. Figur 6).

Die Kurven (Figur 1—4) zeigen schon durch ihre Form, daß die Absorption der Basen keine Säurewirkung sein kann. Eine unlösliche Säure hätte vielleicht auch aus verdünnten Salzlösungen die Basis entnommen, aber doch nur in ganz bestimmter Menge, soviel als dem Säurewasserstoff entspricht. Ein weiterer Zusatz

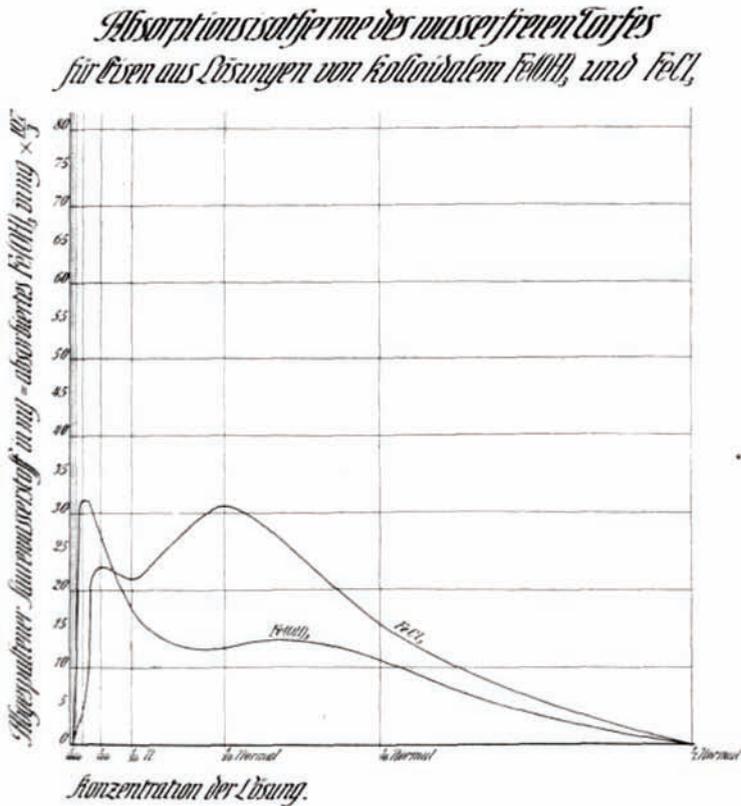


Fig. 6.

von Basen, eine konzentriertere Salzlösung hätte weiter keinen Erfolg. Die Salzbildung würde sich im Ordinatensystem ungefähr so darstellen, wie die gestrichelte Linie in Figur 7 andeutet, während uns die stetig ansteigende Absorptionskurve bei den Acetaten mit der Zunahme der Konzentration eine stetig zunehmende Basenabsorption anzeigt.

Die Kurven sprechen auch gegen eine rein physikalische Verteilung, gegen eine gleichmäßige Anlagerung der Basen an die Sphagnum und Moostorf bei wachsender Konzentration der Salz-

lösungen. Denn in diesem Fall hätte bei der doppelten Konzentration die doppelte, bei der dreifachen Konzentration die dreifache Menge Basis absorbiert werden müssen und die Absorption wäre graphisch dargestellt, in Gestalt der punktierten Linie (Figur 7) erschienen.¹⁾ Es ist eben charakteristisch für die Absorption, daß statt der doppelten Menge in der doppelt konzentrierten Lösung etwas weniger als das Doppelte, in der dreifachen Konzentration

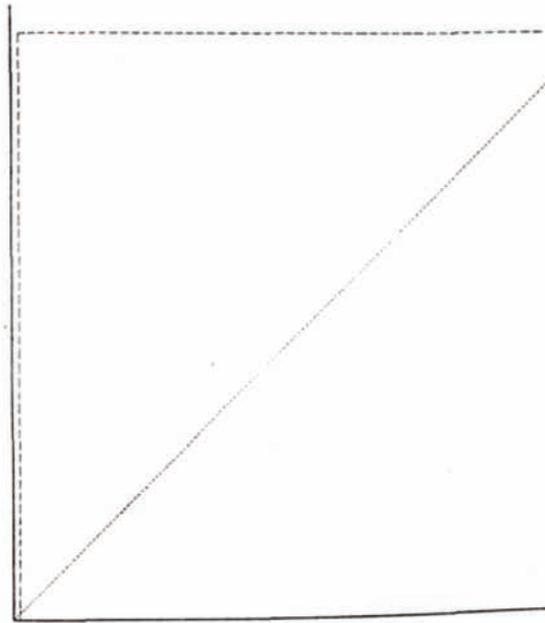


Fig. 7.

weniger als das Dreifache absorbiert wird. Ist die absorbierte Menge in der einfachen Konzentration (c) = Kc , worin K einen Faktor vorstellt, der uns die absolute Größe der Absorption angibt, dann ist die absorbierte Menge (x) in der doppelt konzentrierten Lösung nicht = $K \times 2c$, sondern an Stelle von 2 tritt irgend eine Wurzel von 2. Allgemein ausgedrückt ist also die absorbierte Menge $x = K \cdot c^{\frac{1}{p}}$

In dieser „Absorptionsformel“ ist dann der Wert $\frac{1}{p}$ zugleich der Ausdruck für die charakteristische Krümmung der Absorptionskurve.

¹⁾ Näheres hiezu vgl. Freundlich, Über den Begriff der Absorption. Colloid-Zeitschr. 1908, 3, 212.

als Ordinaten und die Logarithmen der Konzentrationen als Abscissen ein, so muß die Verbindungslinie der Schnittpunkte eine gerade Linie geben, falls ein reiner Absorptionsvorgang vorliegt. Man kann aus dieser graphischen Darstellung auch die Werte von $\frac{1}{p}$ und K bestimmen. $\frac{1}{p}$ erhält man aus der Tangente des Neigungswinkels der aufgefundenen geraden Linie zur Abscissen-Axe und den Wert von $\log K$ aus dem Abstand ihres Schnittpunktes an der $\log x$ -Achse vom Nullpunkt.¹⁾ Durch die Berechnung von $\frac{1}{p}$ und K erhält man einen zahlenmäßigen Ausdruck für die Größe der Absorption.

Wir haben nun die Absorptionskurven in dieser Weise geprüft, zunächst für Natriumacetat und Calciumacetat, weil hier die Gestalt der Kurven vor allem auf einen Absorptionsvorgang hinweist.

In nebenstehender Zeichnung (Fig. 8) ist die Normallösung als Ausgangspunkt = 1 (1 Grammäquivalent in 1) angenommen ($\log 1 = 0$). Als Abscissen sind dann die Logarithmen der Konzentrationen eingetragen (2 = doppelt normal, 0,5 = $\frac{1}{2}$ Normal etc.) und als Ordinaten die Logarithmen der pro 100 g Sphagnen oder Torf abgespaltenen Milligramme Säurewasserstoff. Die Verbindungslinie der Schnittpunkte bildet für die $\frac{1}{50}$ N. bis 2 Normallösungen, die viel überschüssiges Acetat enthalten, praktisch eine gerade Linie; besonders schön ausgeprägt beim Calciumacetat. Nur in der verdünntesten Lösung ($\frac{1}{250}$ N.) fällt der Schnittpunkt zu tief; es wird hieraus weniger absorbiert als der normalen Absorption entspricht; d. h. die Absorption wird durch die freie Essigsäure (bei geringem Acetatüberschuß) teilweise verhindert.

Die Linien für Sphagnen und Moostorf laufen fast vollkommen parallel, ein Zeichen, daß den beiden Absorptionskurven dieselbe Krümmung zukommt, daß also die Absorption von dem gleichen Stoff herrührt. Die rechnerische und graphische Bestimmung, die Herr Assistent Hartung vornahm, ergab nur kleine Differenzen.

Der Wert von $\frac{1}{p}$ berechnet sich für die Absorption der Sphagnen in Natriumacetatlösungen zu 0,1413, in Calciumacetatlösungen zu 0,1047, des Moostorfes in Natriumacetatlösungen zu 0,1297, in Calciumacetatlösungen zu 0,1203.

Diese Zahlen sind für Natriumacetat aus 4, für Calciumacetat

¹⁾ Über die Art der Ausmessung dieser beiden Größen aus der graphischen Darstellung vergl. Freundlich, Über die Absorption in Lösungen. Zeitschr. f. physik. Chemie, 57, 1907, S. 391.

aus 5 Werten gerechnet ($\frac{1}{50}$ N. bis 2fach N.-Lösungen). (Für die vier letzten Konzentrationen, die eine fast vollkommene Gerade im Koordinatensystem bilden, würde sich bei Calciumacetat für Sphagnen der Wert 0,0824 und für Moostorf 0,0897 ergeben.) Dagegen ist natürlich der Faktor K beim Moostorf wegen der stärkeren absoluten Absorption (sog. höheren Säuregehalt) viel höher als bei Sphagnen.

Durch Rechnung wurde K gefunden:

für Sphagnen in Natriumacetatlösungen 73,596, in Calciumacetatlösungen 77,631
 „ Moostorf „ „ 106,67 „ „ 115,94

Das Absorptionsvermögen (x) der Sphagnen in Grammäquivalenten ist also:

für Natrium in Natriumacetatlösungen beliebiger Konzentration

$$x = 73,596 c^{0,1413}$$

für Calcium in Calciumacetatlösungen $x = 77,631 c^{0,1047}$

Das Absorptionsvermögen des Moostorfes von Triangel berechnet sich in Grammäquivalenten

für Natrium in Natriumacetatlösungen $x = 106,67 c^{0,1297}$

„ Calcium „ Calciumacetatlösungen $x = 115,94 c^{0,1203}$

Mit Hilfe dieser Formeln wurde nun für die verschiedenen Normallösungen die Menge des abgespaltenen Säurewasserstoffes (Grammäquivalente absorbierter Basis) pro 100 g Trockensubstanz gerechnet und in nachfolgender Tabelle zusammengestellt. Daneben stehen die durch den direkten Versuch gewonnenen Werte und man kann daraus ersehen, mit welcher Genauigkeit die Formel das Absorptionsvermögen zum Ausdruck bringt.

Absorbierte Grammäquivalente Basen
 durch Sphagnen durch Moostorf

	Calciumacetat		Natriumacetat		Calciumacetat		Natriumacetat	
	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet
2fach norm.	81,08	83,47	79,87	81,17	122,17	126,04	114,68	116,70
normal	79,47	77,63	74,22	73,60	115,47	115,96	108,38	106,67
$\frac{1}{2}$ normal	73,01	72,20	68,17	66,73	108,77	106,68	98,92	97,50
$\frac{1}{10}$ „	62,52	61,0	52,44	53,16	92,22	87,91	78,03	79,12
$\frac{1}{50}$ „	50,02	51,54			70,16	72,43		

Die Übereinstimmung ist bei der Kompliziertheit des Absorptionsvorganges befriedigend. Auch Freundlich hat bei seinen Absorptionsversuchen mit gereinigter Blutkohle keine größere Übereinstimmung der gefundenen und der berechneten Werte erhalten, obwohl bei der Blutkohle die Quellung nur eine untergeordnete Rolle spielen kann.¹⁾

¹⁾ Freundlich, Zeitschr. f. physik. Chem., 1907, 57, S. 391 u. ff.

Zum Vergleich seien die Ergebnisse der Versuche Freundlich's mitgeteilt, die bei der Absorption der Propionsäure einerseits durch den Versuch, andererseits durch die Rechnung gefunden waren.

$\frac{1}{p}$ war hierbei zu 0,354, K zu 346,3 bestimmt worden (für 100 g Blutkohle).

Die absorbierte Menge Propionsäure in Millimolen auf 100 g Blutkohle betrug:

Konzentration der angewandten Lösung (Millimol in cc)	gefunden	berechnet
0,0201	78,5	87
0,0516	122	140
0,1298	171	168
0,2466	211	211
0,6707	294	301
1,580	378	407

Auch bei Chlornatrium und Natriumsulfat liegen zweifellos Absorptionserscheinungen vor, wie die geraden Linien im Koordinatensystem für Moostorf anzeigen. Die eigentümlichen Knickpunkte bei den Sphagnen bedürfen noch der Aufklärung; vielleicht haben sie ihren Grund in den Basen, die hier in größerer Menge bereits absorbiert sind. Die Werte für K und $\frac{1}{p}$ wurden hier nicht berechnet.

Dagegen seien zum Vergleich noch einige Werte für die charakteristische Größe $\frac{1}{p}$ bei anderen Colloiden gegeben, wie sie von verschiedenen Autoren festgestellt worden sind. Sämtliche Zahlen beziehen sich auf die Absorption in wässrigen Lösungen und stammen aus einer Zusammenstellung von H. Freundlich.¹⁾

Absorbens	Absorbendum	Exponent $\frac{1}{p}$	Absorbens	Absorbendum	Exponent $\frac{1}{p}$
Blutkohle	Essigsäure	0,425	Kohle	Methylenblau	0,12
"	Buttersäure	0,301	Baumwolle	"	0,329
"	Bernsteinsäure	0,243	(mezerisiert)	"	0,309
"	Benzoësäure	0,338	Cellulose	"	0,140
"	Neufuchsin	0,186	(mezerisiert)	"	0,140
"	Patentblau	0,190	Kieselsäure	"	0,140
"	Kristallponceau	0,150	Metazinnsäure	"	0,11
Seide	Neufuchsin	0,125	Schwefelsäure	"	0,11
"	Patentblau	0,163	Mangandioxyd-	"	0,12
			hydrat	Kalilauge	0,12
			Blutkohle	Kupfernitrat	0,24
			"	Silbersulfat	0,33

¹⁾ Freundlich, „Kapillarchemie“, Leipzig, 1909, S. 150.

5. Die Loslösung der absorbierten Basen aus Sphagnen und Moostorf mit Wasser und die Wiederherstellung des ursprünglichen „Säuregrades“ (Reversibilität der Absorption).

Schon aus der Tatsache, daß Sphagnen durch Waschen mit Wasser keine „Säure“ verlieren, sondern im Gegenteil etwas an „Säuregehalt“ (Absorptionskraft) zunehmen, konnte man schließen, daß sie absorbierte Basen enthielten, die durch Wasser entfernt worden sind (s. S. 72). An Sphagnen und Torf, die aus dem basenarmen Hochmoor stammten, konnten freilich keine größere Mengen Basen absorbiert sein, und die Erscheinung der Basenentfernung durch Waschen mit Wasser konnte darum auch nicht stark hervortreten.

Es gibt aber bekanntlich auch Sphagnen, die in nährstoffreicherem Wasser gedeihen und diese Sphagnen zeigten nach besonderen Versuchen einen sehr geringen „Säuregehalt“. Hier war es von Interesse zu prüfen, ob der geringe Gehalt an „freier Säure“ durch die absorbierten Basen verursacht ist und ob diese Sphagnen „sauer“ werden, wenn man sie mit Wasser auswäscht. Zur ersten Orientierung wurden Sphagnumpflänzchen aus Niedermoor, die gegen Lackmuspapier nicht sauer reagierten, auch aus jodsauerm Kalium und Jodkalium nur eine Spur Jod abschieden, mit gewöhnlichem, destilliertem Wasser mehrmals gut abgespült, und alsbald erschien die „saure Reaktion“ gegen Lackmus und die Jodreaktion. Zu einem quantitativen Versuch wurden von diesem *Sphagnum contortum* je 3 g sowohl lebende als abgestorbene Pflanzenteile viermal mit je vier Liter Wasser ausgewaschen und darnach der „Säuregehalt“ durch Natriumacetat bestimmt. Der Säuregehalt betrug jetzt auf 100 g Trockensubstanz bei lebenden Sphagnen 37,8 mg, bei abgestorbenen 47,8 mg Säurewasserstoff, während die Untersuchung der nicht gewaschenen Sphagnen nur 11,5 mg bzw. 13,4 mg Säurewasserstoff ergeben hatten. Der „Säuregehalt“ hat sich demnach durch das Waschen mit Wasser um 229 % bzw. 257 % erhöht.

Ebenso wie man den Niedermoorsphagnen basische Stoffe durch Waschen mit Wasser nehmen und dadurch ihre Absorptionskraft beträchtlich erhöhen kann, so kann man in gleicher Weise aus Hochmoorsphagnen und Hochmoortorf die Basen wieder entfernen, die sich bei der Behandlung mit Salzlösungen angelagert haben. Wie bei den meisten Colloiden gehen jedoch hier die letzten Reste der absorbierten Basis durch reines Wasser nur schwer in Lösung,

während Kohlensäure die Loslösung außerordentlich befördert. Hierüber geben die folgenden Versuche näheren Aufschluß, die mit den Hochmoorsphagnen von Bernau und dem Hochmoortorf von Triangel angestellt worden sind.

I. Versuchsreihe: Loslösung der Basis nach Behandlung mit Natriumacetat und Calciumacetat.

Je 3 g der Moorsubstanzen wurden mit Natrium- bzw. Calciumacetat (10%ige Lösung) genau wie bei den früheren Versuchen drei Stunden digeriert und durch Titrieren der frei gewordenen Essigsäure die Absorptionsgröße bestimmt. Nach der früheren Anschauungsweise mußten sich hiedurch die löslichen Natriumsalze der Sphagnum- und der Humussäuren und die unlöslichen Calciumsalze gebildet haben. In einem Fall wäre also die Humussäure (bzw. Sphagnumsäure) als Natriumsalz in Lösung gegangen, im andern Fall hätte sich unlösliches „Kalkhumat“ gebildet.

Der noch essigsäure Moosbrei bzw. Torfbrei wurde ausgewaschen und dann in ein großes, mit Wasser gefülltes Gefäß gebracht. Das Wasser, das durch Auskochen von CO₂ befreit war, wurde durch ein Rührwerk in Bewegung erhalten, damit die Moorsubstanzen ständig von allen Seiten mit Wasser umspült wurden. Bei öfterem Ausrühren wurde das jeweils benützte Wasser durch Filtrieren und Absaugen auf der Nutsche entfernt. Nach Beendigung des Versuches wurde im ausgewaschenen Rückstand wieder mittels 10 %iger Calciumacetatlösung der Säuregehalt bzw. die Absorptionskraft festgestellt. Man mußte annehmen, daß bei Beginn des Versuches die Absorptionskraft in den Moorsubstanzen erschöpft, ihre „Säure neutralisiert“ war. Die folgenden Tabellen zeigen nun, wie viel Prozent von der verlorenen freien Säure durch Waschen mit Wasser wieder gewonnen worden sind.

	Sphagnen		Moostorf	
	gewannen nach der Behandlung mit CO ₂ -freiem Wasser			
	folgende Prozente der „freien Säure“ zurück			
	Natrium- acetat %	Calcium- acetat %	Natrium- acetat %	Calcium- acetat %
Zum Ausrühren angewandte				
Wassermenge 400 cc				
Wasser, 1/2 Stunde gerührt	21,5	14,3	19,5	15,5
4000 cc Wass., 1/2 Std. gerührt	30,6	19,1	23,5	16,7
mit 2mal je 4000 cc Wasser				
je 1/2 Stunde gerührt .	39,2	22,0	37,4	20,2 (18,8)
mit 4mal je 4000 cc Wasser				
je 1/2 Stunde gerührt .	50,7	21,5	46,7	

Bei etwas abgeänderter Behandlung mit gewöhnlichem destilliertem (kohlenensäurehaltigem) Wasser gewannen die Moorsubstanzen folgende Prozente der verlorenen Säure wieder:

Wasseranwendung	Sphagnen		Moostorf	
	vorher behandelt mit		vorher behandelt mit	
	Natrium- acetat %	Calcium- acetat %	Natrium- acetat %	Calcium- acetat %
mit 1,5 l Wasser über Nacht				
16 Std. stehen gelassen	62,2	44,9	49,8	26,1
mit 4 l Wasser, 2 Std. gerührt	70,3	32,1	48,8	41,1
m. 2mal je 4 l Wass., 2 Std. ger.	90,9	43,0	79,0	39,8
m. 3mal je 4 l " 2 " "	98,5	46,4	88,6	nicht bestimmt

Nun wurde das Ausrühren mit Wasser unter gleichzeitigem Einleiten von Kohlensäure vorgenommen. Die mit Natriumacetat vorbehandelten Moorsubstanzen gewannen jetzt folgende Prozente „Säure“ zurück.

	Sphagnen	Moostorf
a) mit 4000 cc Wasser 1/2 Stunde gerührt	86,6	65,8
b) 2mal mit je 4000 cc Wasser, je 1/2 Stunde gerührt	90,9	77,6
c) ebenso wie b) aber außerdem noch 2 Stunden mit 4 l Wasser gerührt	99,0	86,2
d) ebenso wie bei c) aber außerdem nochmals mit 4 l Wasser 2 Stunden behandelt	nicht bestimmt	88,9

Die mit Calciumacetat vorbehandelten Moorsubstanzen, bei denen der Kalk als „unlösliches Kalksalz“ vorhanden sein sollte, gewannen bei Einleitung von CO₂ folgende Prozente der verlorenen „Säure“ wieder:

Wasserbehandlung	Sphagnen	Moostorf
einmal mit 4000 cc Wasser 1/2 Stunde gerührt	47,8	36,5
zweimal in derselben Weise behandelt	nicht bestimmt	47,9
einmal mit 4000 cc Wasser 16 Stunden Kohlen- säure eingeleitet	56,5	46,1
zweimal ebenso behandelt	57,4	nicht bestimmt

Aus diesen Versuchen müssen folgende Schlüsse gezogen werden:

1. Durch Behandlung mit essigsaurem Natrium geht nicht etwa die Sphagnum- oder Humussäure in Lösung, wie früher Mulder, Hermann u. a. und wir selbst anfangs geglaubt hatten (s. S. 43). Vielmehr hat sich das Natrium nur an die Colloide angelagert und kann durch Waschen mit reinem Wasser wieder ungefähr zur Hälfte, mit kohlenensäurehaltigem Wasser aber nahezu vollständig entfernt

werden. Durch dieses Auswaschen erhalten die Sphagnen und Moostorf wieder ihre ursprüngliche Absorptionskraft (ihren ursprünglichen Gehalt an „freier Säure“) zurück.

2. Der absorbierte Kalk wird viel stärker an Sphagnen und Moostorf zurückgehalten, wie er auch viel stärker absorbiert wird. Immerhin läßt er sich in kurzer Zeit ungefähr zur Hälfte durch Waschen mit kohlenensäurehaltigem Wasser entfernen und in den erhaltenen Lösungen nachweisen.

3. Der Moostorf hält die absorbierten Stoffe etwas intensiver zurück als die Sphagnen, wahrscheinlich weil die wirksame Colloidsubstanz durch den langen Aufenthalt unter Wasser mehr gelockert (mezerisiert) worden ist, wie er auch eine etwas höhere Absorptionskraft besitzt. Er zeigt im Vergleich zu den Sphagnen nur einen graduellen (keinen prinzipiellen) Unterschied, der auch bei der Absorption zu Tage trat.

II. Versuchsreihe: Loslösung der Basis aus Sphagnen und Moostorf nach „Neutralisierung“ mit Natronlauge.

Nun wollten wir noch durch besondere Versuche Gewißheit darüber erlangen, ob auch die verdünnte Natronlauge die sog. Sphagnum- und Humussäure nicht lösen kann, ob es sich auch hier nur um eine Anlagerung des Natriumhydrates handelt und die „Säure“ samt dem Natrium in den Moorsubstanzen verbleibt. Dabei durfte ein allzu großer Überschuß von Natronlauge nicht angewandt werden, weil sich hiedurch jedenfalls die Quellung bis zur Pseudolösung (besonders beim Torf) gesteigert hätte. Bei unseren Versuchen wurde einmal genau die Natronmenge verwandt, die zur „Neutralisierung der Säure“ nötig war, einmal die doppelte Menge und bei einem dritten Versuch wurde eine 1%ige Natronlauge verwendet, wobei ein ziemlich starker Überschuß freien Natriumhydrates einwirken konnte. Die Moorsubstanzen wurden wieder mit kohlenensäurehaltigem Wasser in der beschriebenen Weise ausgewaschen und im lufttrockenen Rückstand die „Säure“ mit Natriumacetatlösung bestimmt.

a) Nach „Neutralisierung“ mit der berechneten Menge Natronlauge wurden Sphagnen und Moostorf mit vier Liter gewöhnlichem CO_2 haltigem, destilliertem Wasser zwei Stunden ausgerührt. Dabei gewannen die Sphagnen 59,3% und der Moostorf 40,5% der verlorenen Säure wieder. Als die Moorsubstanzen aber dreimal mit je vier Liter Wasser unter Einleiten von Kohlensäure ausgewaschen worden waren, betrug der Säuregehalt 80,4% bzw. 72,6% des ursprünglich bestimmten Betrages.

b) Nach Zusatz der doppelten Menge Natriumhydrat (wie bei a) wurde nur mit Wasser unter Einleitung von Kohlensäure gearbeitet. Zuerst wurden Sphagnen und Moostorf zweimal mit je vier Liter Wasser $\frac{1}{2}$ Stunde lang ausgerührt, darauf nochmals dreimal mit je vier Liter Wasser je zwei Stunden. Man fand nun fast alle ursprünglich titrierte und neutralisierte Säure im Rückstand wieder vor: bei Sphagnen 93 %, bei Moostorf 81,9 %.

c) 3 g Sphagnen und Moostorf wurden mit 300 cc einer 1 %igen Natronlauge behandelt, wodurch beim Torf bereits eine tiefbraune Lösung entstand. Darauf wurde der Rückstand unter Einleiten von Kohlensäure immer mit je vier Liter Wasser ausgewaschen und zwar wurde dreimal die Kohlensäure $\frac{1}{2}$ Stunde, und zweimal 1 Stunde durchgeleitet. Man fand nun bei Sphagnen alle ursprünglich vorhandene Säure (99,5 %) wieder; es war also kein lösliches Natronsalz gebildet worden. Beim Moostorf wurden 79 % der ursprünglich bestimmten freien Humussäure wieder gefunden. Entweder wird hier das Natrium fester zurückgehalten oder es ist eine geringe Menge Colloid in Pseudolösung übergegangen.

Jedenfalls geht aus allen diesen Versuchen übereinstimmend hervor, daß auch die Natronlauge kein lösliches Salz mit der Sphagnum- und Humussäure bildet, sondern nur von den Colloiden gebunden und bei Behandlung mit hinreichenden Wassermengen wieder aus diesem Verband losgelöst wird, wobei sich dann nahezu der ursprüngliche „Säuregehalt“ wieder einstellt.

III. Versuchsreihe: Verdrängen des absorbierten Kalkes aus Sphagnen und Moostorf durch Salzlösungen der Alkalien und Herstellung des ursprünglichen Absorptionsvermögens.

Nach den soeben beschriebenen Versuchen handelt es sich bei der sog. Neutralisation der Säuren nur um Bildung von Absorptionsverbindungen, nur um Herstellung von Gleichgewichtszuständen, die durch Wasser wieder rückgängig gemacht werden können. Auffallend bleibt dabei, daß das Calcium viel schwieriger sich wieder auswaschen läßt als das Natrium. Wahrscheinlich hängt dies mit der schweren Löslichkeit des Calciumhydrates zusammen. Wir wissen aber, daß sich in Absorptionsverbindungen die Basen leicht austauschen lassen. Wenn man Sphagnen und Moostorf, die Calcium absorbiert enthalten, mit einer konzentrierten Lösung irgend eines Natriumsalzes behandelt, muß das Natrium, das in bedeutendem Überschuß vorhanden ist, an die Stelle des Calciums treten, und führt man hierauf den

Waschprozeß wieder durch, so muß sich die ursprüngliche Absorptionskraft, der ursprüngliche „Säuregehalt“ wieder einstellen (vergl. S. 63). Man muß also in Sphagnen und Moostorf, die mit Kalk „neutralisiert“ worden sind, die ursprüngliche Säure auf diesem Umweg leicht wieder in Freiheit setzen können. Zur Prüfung dieser Frage wurden je 3 g Sphagnen und Moostorf zuerst mit einer 10 %igen Calciumacetatlösung digeriert, hierauf wurden die Lösungen abfiltriert und die freie Essigsäure und das überschüssige Acetat ausgewaschen, vom Filter wieder losgelöst, wurden die nun mit Kalk „neutralisierten“ Moorsubstanzen mit essigsäurem Natrium drei Stunden digeriert und nachdem auch das überschüssige Natriumacetat durch Filtrieren und Auswaschen entfernt war, wurde der Auswaschungsprozeß durch Wasser unter Einleiten von Kohlensäure vorgenommen. Die Sphagnen wurden zweimal mit je vier Liter Wasser je $\frac{1}{2}$ Stunde und dann nochmals mit der gleichen Wassermenge zwei Stunden ausgerührt. Der Moostorf wurde ebenso, aber nicht einmal, sondern zweimal je zwei Stunden mit je vier Liter Wasser behandelt, weil er nach früheren Versuchen das Natrium stärker zurückhält. Nachdem die Moorsubstanzen wieder auf der Nutsche vom anhaftenden Wasser befreit waren, wurde wieder die Acidität festgestellt. Sie waren fast so „sauer“ wie vor Beginn des Versuches. Denn in Sphagnen wurden jetzt 98,5 %, im Moostorf 86,9 % der ursprünglich bestimmten „freien Säure“ wieder gefunden. Damit ist der Beweis geliefert, daß man die „Säuren“ auch durch Kalk gar nicht neutralisieren kann, sondern daß der Säuregehalt wieder fast in der gleichen Stärke auftritt, wenn die Moorsubstanzen mit Alkalisalzen in Berührung waren. Diese Erscheinung ist von großer Bedeutung für die Hochmoorkultur. Bei Düngung gekalkter Hochmoorfelder mit löslichen Salzen der Alkalien muß der Kalk immer wieder aus der Ackerkrume verdrängt werden und „freie Säure“ muß immer wieder von neuem auftreten.

Die „freien Humussäuren“ des Hochmoores „neutralisieren“ zu wollen, ist also eine verfehlte Idee. Man erkennt auch, daß der „Säuregehalt“ eines in Kultur stehenden Hochmoores nicht konstant sein kann. Er ist durch den Einfluß der Niederschläge und der Düngemittel ständigen Schwankungen unterworfen und sucht sich alsbald nach der „Neutralisation mit Kalk“ mit Hilfe des kohlensäurehaltigen Wassers und der Düngesalze wieder herzustellen. Dadurch erklärt sich sehr einfach die Tatsache, daß stark gekalkte Hochmoorböden immer wieder „sauer“ werden und daß die mehrere Jahrhunderte alten Äcker in den

holländischen Veenkulturen heute noch ein starkes Aufschliessungsvermögen für Rohphosphate besitzen.¹⁾

6. Über Hysteresis und andere Colloiderscheinungen bei der Absorption von Basen und Wasser durch Sphagnen und Moostorf.

Schon im Jahre 1882 hatte A. König beobachtet, daß Haidentorf nach längerem Aufbewahren ein geringeres Absorptionsvermögen zeigte, als vorher. Die eine Reihe der Absorptionsversuche war in der kälteren Jahreszeit, die andere später in der wärmeren Jahreszeit ausgeführt worden. König glaubte deshalb, in der verschiedenen Temperatur die Ursache der eigentümlichen Erscheinung suchen zu müssen, da er einen anderen Grund nicht ausfindig machen konnte.²⁾ Unterschiede von einigen Temperaturgraden spielen jedoch bei der Absorption keine Rolle; die ziemlich großen Differenzen, die König fand, können damit nicht erklärt werden. Wir selbst haben genau die gleiche Erfahrung wie König mit den Hochmoorsphagnen gemacht. Um zu zahlreichen Versuchen hinreichend gleichmäßiges Material zur Verfügung zu haben, wurde im Herbst 1907 eine größere Menge Hochmoorsphagnen getrocknet, fein gepulvert und in großen, ca. 15 Liter fassenden, gläsernen Standgefäßen mit eingeschlifften Stopfen aufbewahrt. Mit diesem Material wurden die Versuche mit verschiedenen Salzen ausgeführt, die S. 46 ff. beschrieben sind und ursprünglich den Zweck hatten, eine neue Methode der Bestimmung der freien Humussäure aufzustellen. Dieser Zweck wurde nicht erreicht, weil bei Anwendung verschiedener Mengen Substanz stets verschiedene Ergebnisse im Sinne der Colloidreaktion erzielt wurden. Als die systematischen Versuche über die Prüfung auf Colloide begonnen wurden, war ein Jahr vorüber gegangen.

Jetzt zeigten die Sphagnen, ohne daß ein Grund dafür gefunden werden konnte, eine viel geringere Absorptionskraft. Während sie früher fast genau so viel Säure abspalteten und Basen aufnahmen wie der Moostorf von Triangel (s. S. 46 u. ff.), hatte sich die Absorptionskraft allmählich von selbst um ca. 10 % vermindert.³⁾ Der Moostorf war unverändert geblieben. Hätten auch

¹⁾ Vergl. Fleischer, „Untersuchungen über das Verhalten schwer löslicher Phosphate“. Landw. Jahrb., 12, 1883, S. 172.

²⁾ König, Alfred, „Über das Absorptionsvermögen humoser Medien“. Landw. Jahrbücher, 1882, 11. Bd., S. 40.

³⁾ Die Versuche mit den Phosphaten auf S. 36 u. ff. wurden bereits mit den gelagerten Sphagnen von geringer Absorptionskraft ausgeführt.

die Sphagnen ihre Absorptionskraft behalten, so wären die Absorptionskurven für Sphagnen und Moostorf, die später konstruiert wurden, fast vollkommen gleich ausgefallen. Nachdem die Säurewirkungen auf Colloidreaktionen zurückgeführt sind, erkennen wir in dem Rückgang der Absorptionskraft die Erscheinung der Hysteresis, die bei den Sphagnen deswegen deutlicher beobachtet wird, weil die Sphagnen mehr Basen absorbiert enthalten. Der Name „Hysteresis“ bedeutet eine „nachträgliche Beeinflussung“ der Colloide durch Elektrolyte (hier Basen), vergl. S. 64. In kurzer Zeit kann dieselbe Erscheinung durch längeres Austrocknen bei hoher Temperatur hervorgerufen werden. Als Sphagnen 24 Stunden bei 130° C getrocknet worden waren, hatten sie 11 % ihrer Absorptionsfähigkeit für Natrium im Acetat verloren, Moostorf nur 3,1 %, vgl. S. 65.

Auch bei der Bestimmung der „freien Humussäure“ nach Tacke spielt die Austrocknung eine Rolle; es wird besonderes Gewicht darauf gelegt, den Boden in frischem Zustand zu untersuchen.¹⁾ Möglich ist, daß beim Liegen unter gewöhnlichen Temperaturverhältnissen auch das Licht einen Einfluß ausübt, das gleichfalls Zustandsänderungen in den Colloiden hervorruft. Dagegen haben Versuche, das Danysz-Phänomen bei Sphagnen und Moostorf nachzuweisen, zu keinen positiven Ergebnissen geführt.

Die Eigentümlichkeit, daß größere Mengen Colloide verhältnismäßig weniger Basen, auch aus Salzen absorbieren als kleinere, wurde wiederholt nachgewiesen. Es seien zwei Beispiele mit essigsaurem Natrium und Kohlensäurem Kalk angeführt. Auf 100 g Trockensubstanz gerechnet wurden folgende Mengen Säurewasserstoff aus 25 %iger Natriumacetatlösung abgespalten:

bei Anwendung von	durch Sphagnen	durch Moostorf
1 1/2 g Substanz	0,0911	0,1206
3 g Substanz	0,0843	0,1107
6 „ „	0,0776	0,1004

Nach der ursprünglichen Tackeschen Methode wurde der „Säuregehalt“ in 3 g und 15 g Sphagnen und Moostorf durch Abspaltung der Kohlensäure aus Kohlensäurem Kalk bestimmt. Hierbei wurden in der Trockensubstanz folgende Prozente Säurewasserstoff gefunden bei

¹⁾ König, Untersuchung landw. wichtiger Stoffe. 3. Aufl., 1906, S. 90.

Anwendung von	Sphagnen	Moostorf
3 g	0,0721	0,0977
15 "	0,0527	0,0593

Auch S ü c h t i n g berichtet, ohne Rechenschaft über die Ursache geben zu können, daß bei seiner Verbesserung der Tacke'schen Methode verschiedene Ergebnisse bei Anwendung verschiedener Substanzmengen erhalten werden.¹⁾ Er fand im älteren Moostorf auf CO_2 und 100 Teile Trockensubstanz berechnet:

	d. i. auf Säurewasserstoff berechnet	
unter Anwendung von 10 g im Mittel	2,225	0,101
" " " 20 " " "	2,11	0,0959
" " " 30 " " "	1,966	0,0896

Es geht natürlich nicht an, zu behaupten, man finde den „richtigen Säuregehalt“ nur dann, wenn man ein bestimmtes Quantum Boden zur Analyse verwendet. Wir werden übrigens auf die Bestimmung der freien Humussäure nochmals kurz im nächsten Heft dieser Mitteilungen zurückkommen, weil wir selbst zwei Methoden für diesen Zweck ausgearbeitet hatten, die unter sich gut übereinstimmten, aber nur, wenn annähernd gleiche Substanzmengen verglichen wurden. Unter allen Verhältnissen erhält man bei Anwendung verschiedener Substanzmengen verschiedene Ergebnisse; man kann also keine analytische Methode zur „Bestimmung der Säuren“ ausarbeiten; man kann höchstens die Absorptionskraft in der beschriebenen Weise mittels Absorptionskurve und Absorptionsformel darstellen.

Daß geringere Mengen Colloide mit der gleichen Wassermenge eine größere Absorptionskraft entwickeln, erklärt sich daraus, daß sie mit relativ größeren Wassermengen durchtränkt werden und durch die stärkere Wasseraufnahme stärker quellen und besser

¹⁾ S ü c h t i n g, Eine verbesserte Methode zur Bestimmung des Säuregehaltes im Boden. Landw. Versuchsst. 1909, 70, S. 43. Nebenbei sei bemerkt, daß es sich auch bei der Methode von Tacke und S ü c h t i n g um Absorption des Kalkes aus einer Lösung handelt. Der gefällte kohlen saure Kalk ist in Wasser löslich. Nach Pollacci (Ch. Cbl. 1896, 2, S. 946) lösen sich in 100 cc Wasser 5,83 mg CaO also rund 10 mg CO_3Ca . Unsere eigenen Beobachtungen stimmen damit überein. Stets läßt sich nach Beendigung der Humussäurebestimmung im Zersetzungsgefäß Kalk in gelöstem Zustand nachweisen. Während die geringen Mengen gelösten Kalkes durch die Colloide unter CO_2 -Abspaltung unlöslich gemacht werden, gehen immer wieder neue Mengen Kalk in Lösung, bis die Absorptionskraft erschöpft ist. Mit schwerer löslichem, kristallisiertem, kohlen saurem Kalk erhält man nach Tacke's Methode natürlich weit niedrigere Ergebnisse gemäß der geringeren Löslichkeit im Wasser, andererseits mit kohlen sauren Alkalien um so höhere, je konzentrierter die Lösung ist, die man zum Versuch verwendet.

zerteilt werden. Die Gesamtoberfläche der Colloidsubstanz vergrößert sich dadurch; das Colloid gewinnt an Oberflächenenergie (s. S. 39, 60). Wenn diese Deutung richtig ist, so müssen sich schon bei der Aufnahme des Wassers durch Sphagnen und Moostorf die charakteristischen Absorptionerscheinungen geltend machen. Nur begegnet hier der Nachweis der Colloidreaktionen insofern Schwierigkeiten, als in Sphagnen und Moostorf nicht allein Wasser von Colloiden absorbiert, sondern weit mehr Wasser in größeren Capillarräumen zurückgehalten wird. Dieses capillare Wasser-
aufsaugungsvermögen ist durch den eigentümlichen anatomischen Bau der Sphagnumpflanze bedingt, der sich im gelben Sphagnuntorf noch zum größten Teil erhalten hat und S. 134 beschrieben ist.

Trotzdem war es möglich, teils aus der vorhandenen Literatur, teils mit eigenen Versuchen schon bei der Wasseraufsaugung die Colloiderscheinungen nachzuweisen.

Zuerst haben Lugner und H. v. Feilitzen¹⁾ gefunden, daß von kleineren Mengen Moostorf verhältnismäßig mehr Wasser aufgenommen wird, als von größeren. Diese Tatsache ist dann übereinstimmend bestätigt worden durch Versuche, die von L. Wilk,²⁾ G. Palmquist,³⁾ S. Hammar,⁴⁾ Tacke und Minssen⁵⁾ angeführt worden sind. Beispielsweise seien einige Zahlen aus einer Tabelle von L. Wilk mitgeteilt. Als 1 g der Torfsubstanz (Torfmull) zur Untersuchung verwendet wurde, betrug das Aufsaugungsvermögen, auf 100 g Trockensubstanz berechnet, 979 Teile Wasser. Bei Anwendung von 10 g betrug das Aufsaugungsvermögen nur 928, bei 30 g nur mehr 828, bei 60 g 744 und bei Verwendung von 100 g nur mehr 675. Alle oben genannten Beobachter haben die Differenzen, die man bei Verwendung von verschiedenen Substanzmengen erhielt, auf die Untersuchungsmethode zurückgeführt. Man bestimmt nämlich das Aufsaugungsvermögen in der Weise, daß man die mit Wasser vollgesogene Probe auf einen oben offenen Würfel bringt, der aus grobmaschigem Drahtgewebe gefertigt und mit Filtrierpapier ausgekleidet ist. Die Kanten

¹⁾ J. Lugner und H. v. Feilitzen, Svenska Mooskulturforeningens Tidskrift, 1908, 36. Hier nach Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moork., 1909, 228.

²⁾ L. Wilk, Zeitschrift f. Moorkultur u. Torfverwertung, 1908, 6, S. 334.

³⁾ Palmquist, K. Landbrucksakademienshandlingar, Stockholm, 1908, 398. Hier nach Mitt. d. Ver. z. Förd. etc. a. a. O., S. 226.

⁴⁾ S. Hammar, Berättelse öfver verksamheten vid kemiska stationen i Skara, 1908, 15. Hier nach Mitt. d. Ver. etc. a. a. O.

⁵⁾ Tacke und Minssen, Mitteil. d. Ver. z. Förd. d. Moorkultur, 1909, 27, 178, 182.

des Würfels sind 10 cm lang, sein Inhalt also ein Liter. Je mehr Substanz man nun zur Bestimmung verwendet, um so höher wird die Torfschicht in den Würfeln und um so stärker der Druck der oberen Torfschichten auf die unteren. Da das Wasser aus den zahlreichen Capillarräumen leicht abfließt, muß aus einer höheren Torfschicht durch Druck mehr Wasser ausgepreßt werden als aus einer niedrigen. So muß zweifellos bei Anwendung größerer Substanzmengen ein geringeres Aufsaugungsvermögen gefunden werden, schon infolge der Capillarräume. Allein das Aufsaugungsvermögen wird, wie uns besondere Versuche lehrten, auch dann mit der Menge des angewandten Torfes geringer, wenn die Torfschicht gleich hoch ist. Wir ließen drei rechteckige Drahtkörbe anfertigen, deren Kantenlänge am Boden 5 cm, 10 cm und 20 cm betrug, sodaß also der Boden der Drahtprismen 25 bzw. 100 und 400 qcm Oberfläche hatte. Die Prismen wurden mit Filtrierpapier ausgekleidet und das Aufsaugungsvermögen wurde nach dreitägigem Quellen der Proben im Wasser derart bestimmt, daß für das kleinste Prisma 2,5 g lufttrockener Torf, für das mittlere 10 g und für das große 40 g zur Bestimmung verwendet wurden. Dadurch wurde erzielt, daß die mit Wasser vollgesogene Torfmenge überall die gleiche Höhe in den Prismen, ca. 1,6 cm, einnahm. Die Torfschichten standen also überall unter dem gleichen Druck. Trotzdem war das Aufsaugungsvermögen verschieden. Unter Anfeuchtung mit je 1600 cc Wasser saugte der lufttrockene Moostorf von Triangel, auf 100 g Trockensubstanz berechnet

bei Anwendung von 2,5 g Torf die 17,68fache Menge Wasser auf			
" " " 10 " " "	14,00	"	"
" " " 40 " " "	12,54	"	"

Nun wurde versucht, ob sich das Aufsaugungsvermögen entsprechend verringert, wenn die Torfschicht in den Prismen höher wird. Es wurde mit der doppelten Menge Torf und Wasser die Aufsaugungskraft bestimmt. Die Torfschicht in den Prismen war jetzt doppelt so hoch (3,2 cm).

5 g Torf saugten nun die 16,8fache Menge Wasser auf			
10 " " " " " "	14,15fache	"	"
80 " " " " " "	12,05	"	"

Bei Erhöhung der Torfschicht um 1,6 cm wurde also wenig oder gar kein Wasser ausgepreßt, ein Zeichen, daß der Rückgang des Absorptionsvermögens bei größeren Mengen Torf nur zum ge-

ringen Teil durch den Druck der oberen Torfschichten auf die unteren hervorgerufen wird.

Genau in der gleichen Weise wurden die Sphagnen untersucht. Von den Sphagnen wurden, auf 100 g Trockensubstanz gerechnet, unter Anfeuchtung mit 1600 bzw. 3200 cc Wasser, folgende Wassermengen aufgesaugt:

a) Wassermenge 1600 cc, Schichthöhe der Sphagnen in den Drahtkörben 3,5 cm.

bei Anwendung von	2,5 g Sphagnen	die	37,88fache	Menge
"	"	"	10	"
"	"	"	40	"

b) Doppelte Sphagnen- und Wassermengen, Schichthöhe in den Drahtkörben 7 cm.

bei Anwendung von	5 g Sphagnen	die	35,27fache	Menge
"	"	"	20	"
"	"	"	80	"

In allen Fällen ging also auch bei den Sphagnen die Aufsaugungskraft für Wasser zurück, je mehr Sphagnen zu dem Versuch benützt wurden, je weniger Wasser also auf eine bestimmte Menge Sphagnen traf. Außerdem zeigt sich bei den Sphagnen — wahrscheinlich infolge ihrer außerordentlich zahlreichen und noch unverletzten Capillarräume (Hyalinzellen) — auch deutlich die Wirkung des Druckes, wenn in den Drahtkörben höhere Schichten von Sphagnen sich befanden. Denn im Mittel obiger Zahlen wurden unter sonst gleichen Verhältnissen bei einer Schichthöhe der Sphagnen von 3,5 cm die 34,99fache Menge Wasser aufgesaugt, bei einer Schichthöhe von 7 cm nur die 32,26fache.

Jedenfalls ist aber bei sämtlichen Versuchen das Absorptionsgesetz der Colloide in Erscheinung getreten: „Werden verschiedene Mengen des gleichen Colloids mit der gleichen Lösung (hier Wasser) behandelt, so werden auf eine Einheit berechnet, nicht die gleichen Mengen absorbiert, sondern größere Mengen Colloid absorbieren aus der gleichen Lösung relativ geringere Mengen“ (s. S. 59). Das Absorptionsvermögen der Sphagnen und des Torfes für Wasser wird also genau in derselben Weise durch die vorhandenen Wassermengen beeinflusst, wie die Lösung der Phosphate und die Abspaltung von Säuren aus Salzlösungen: Je mehr Colloid auf die gleiche Menge Wasser trifft, um so geringer ist die Absorption.

Alle Absorptionserscheinungen dürften dem-

nach als eine Funktion des Quellungsgrades der Colloide aufzufassen sein. —

Schon die Versuche mit Tricalciumphosphat haben gezeigt, daß auch bei verschiedenen Colloidmengen die gleiche Menge Phosphorsäure gelöst wird, wenn die Wassermenge proportional der Menge des Colloids vermehrt wird, wenn also beim Colloid die Möglichkeit gegeben wird, auf ein bestimmtes Gewicht die gleiche Wassermenge aufzunehmen. Es sollte noch geprüft werden, ob auf diese Weise bei Sphagnen und Moostorf auch gleiches Wasseraufsaugungsvermögen erzielt werden kann. Zu diesem Zweck wurden wieder die verschieden großen Drahtkörbe verwendet, um durch gleiche Schichthöhen den Einfluß des Druckes der höheren Schichten auf die unteren auszuschalten. 5 g, 20 g und 80 g Sphagnen und Moostorf wurden nun mit 200 bzw. 800 und 3200 cc Wasser drei Tage unter öfterem Umrühren mit Wasser in Berührung gelassen und dann das aufgenommene Wasser nach fünf Minuten langem Abtropfen bestimmt. Das Aufsaugungsvermögen betrug jetzt

	(bei Sphagnen)	(bei Moostorf)
	Schichthöhe in den Drahtkörben 7 cm	Schichthöhe 3,2 cm
5 g Substanz +	200 cc Wasser die 30,0fache	die 14,87fache Menge Wass.
20 „ „ +	800 „ „ „ 30,22 „ „	13,42 „ „ „
80 „ „ +	3200 „ „ „ 30,4 „ „	12,37 „ „ „

Wir sehen, daß bei gleichem Gewichtsverhältnis zwischen Sphagnen und Wasser auch tatsächlich das Aufsaugungsvermögen gleich wird. Auch beim Moostorf sind die Differenzen erheblich geringer geworden. Doch sind sie nicht ausgeglichen worden. Inwieweit hier die Ausfüllung der Capillarräume oder die Quellung die Unterschiede bewirkt, läßt sich nicht feststellen. Tatsächlich sind aber die Differenzen im Aufsaugungsvermögen mit wechselnden Wassermengen außerordentlich groß. Dies zeigt eine Gegenüberstellung von zwei Versuchen aus den angeführten Versuchsreihen. Auf 100 g Trockensubstanz berechnet konnten bei Anwendung von 2,5 g Substanz und 1600 cc Wasser die Sphagnen die 37,88fache Menge Wasser aufnehmen, dagegen bei Anwendung von 5 g Substanz und 200 cc Wasser nur die 30fache Menge. Moostorf zeigte unter den gleichen Umständen eine Aufsaugungskraft von 17,68 und 14,87 und sie ging auf 12,05 herunter, wenn auf 80 g Torf 3200 cc Wasser angewandt wurden.¹⁾

¹⁾ Bei der kürzlich vereinbarten Methode über die Bestimmung des Wasseraufsaugungsvermögens der Torfstreu ist nichts über die Menge des anzuwendenden

Es lassen sich leicht noch andere Beweise dafür beibringen, daß die Differenzen im Absorptionsvermögen von Sphagnen und Moostorf für Wasser durch Quellungserscheinungen der Colloide beeinflußt werden. Alle Umstände nämlich, die das Quellungsvermögen verkleinern oder vergrößern, verändern auch das Absorptionsvermögen in demselben Sinn.

Verkleinert oder ganz aufgehoben wird die Quellungskraft der meisten Colloide vor allem durch Austrocknen. Vergrößert wird das Quellungsvermögen der Humuscolloide und vieler anderer Colloide (Cellulose, Ton) durch Kochen mit Wasser und durch alkalische Substanzen. In Ammoniak und freien Alkalien kann das Quellungsvermögen bis zur colloidalen Lösung gesteigert werden (siehe oben, Eigenschaften der Colloide 10 und 11, S. 64, 65).

Daß auch Sphagnen und Moostorf beim Austrocknen ihr Absorptionsvermögen für Wasser verkleinern und durch Kochen mit Wasser erhöhen, ist durch die schwedische Moorversuchsstation in Jönköping von H. v. Feilitzen, J. Lugner und H. Hjertstedt bereits festgestellt worden.¹⁾ Als ein naturfeuchter Sphagnumtorf, in dem die Sphagnen noch gut erhalten und von Verunreinigungen befreit waren, mit einem Wassergehalt von 92,99 % nach der Methode der Moorversuchsstation Jönköping²⁾ auf sein Absorptionsvermögen für Wasser geprüft wurde, konnte er, auf 100 Teile Trockensubstanz berechnet, die 23,7fache Menge Wasser aufsaugen. Wurde dann der gleiche Torf vor der Bestimmung des Aufsaugevermögens bis auf einen Wassergehalt von 54,59 % abgetrocknet, so konnte er nur mehr die 21,9fache Wassermenge aufnehmen. Wurde er an der Luft im Freien schnell getrocknet, so daß sein Wassergehalt nur mehr 16,56 % betrug, so sank das Aufsaugevermögen auf das 17,7fache. Wurde der Torf bei 30° getrocknet (Wassergehalt 11,50 %), so konnte er nur die 16,5fache Menge Wasser, bei 60° getrocknet (Wassergehalt 9,5 %) nur die 12,4fache und bei 100° getrocknet (Wassergehalt 4,5 %) nur mehr die 10,2fache Menge Wasser aufsaugen. Wir sehen also,

Wassers vorgeschrieben. Die Methode bedarf also nach dieser Richtung noch einer Ergänzung, wenn Differenzen durch Anwendung verschiedener Wassermengen vermieden werden sollen.

¹⁾ „Das Wasseraufsaugungsvermögen der Torfstreu und seine Bestimmung“. Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moor. 27, 1909, S. 225, 237, 259.

²⁾ Die Torfprobe wird hienach mit heißem Wasser übergossen und nach dem Umrühren so viel kaltes Wasser zugefügt, daß die Probe vollkommen damit bedeckt ist. Nach 3tägigem Stehen wird hierauf die Menge des aufgenommenen Wassers in den Drahtkörben in gewöhnlicher Weise festgestellt.

wie das Aufsaugungsvermögen ganz regelmäßig sich vermindert, je mehr man dem Torf Wasser entzieht. Durch besondere Parallelversuche wurde der Nachweis geliefert, daß nicht die Dauer des Trocknens die Ursache der Verminderung des Wasserfangungsvermögens ist. Denn der Torf behielt das gleiche Wasseraufsaugungsvermögen bei verschiedener Trocknungsdauer bei, wenn nur dabei die gleiche Temperatur eingehalten wurde.

Ähnliche Ergebnisse lieferte das Torfmoos Sphagnum. In 250 g feuchtem Sphagnummoos mit 90,42 % Wassergehalt wurde das Aufsaugungsvermögen bestimmt und außerdem festgestellt, wie es sich verändert, wenn die gleiche Menge desselben Moores auf verschiedenen Wassergehalt ausgetrocknet wird. Die Ergebnisse waren folgende:

	Wassergehalt	Aufsaugungsvermögen auf 100 Teile Trockensubstanz gerechnet
Feuchtes Moos . . .	90,42 %	das 25,60fache
Moos halbtrocken . .	50,56 „	„ 23,31 „
an der Luft getrocknet	18,84 „	„ 22,14 „
bei 35 ° C getrocknet .	11,52 „	„ 20,55 „
„ 50 ° C „ .	6,8 „	„ 19,13 „
„ 10 ° C „ .	2,36 „	„ 15,82 „
„ 100 ° C „ .	0 „	„ 16,07 „ ¹⁾

Wir sehen also, daß bei Sphagnen und Moostorf — gerade so wie bei Colloiden überhaupt — durch Trocknen das Absorptionsvermögen für Wasser bedeutend herabgesetzt wird.

Daß andererseits Sphagnen und Moostorf ihr Absorptionsvermögen durch Kochen mit Wasser erhöhen, geht aus folgenden Versuchen der schwedischen Moorversuchsstation hervor: Auf 100 Teile Trockensubstanz gerechnet konnten 25 g *Sphagnum cuspidatum* (Wassergehalt 12,3 %), mit heißem Wasser übergossen, die 14,4fache Menge Wasser aufnehmen; wurde die gleiche Menge zum Kochen erhitzt, so betrug die Wasseraufnahme das 17,5fache, wurde das Kochen noch 5 Minuten fortgesetzt, so stieg sie auf das 18,3fache. In gleicher Weise nahm unter denselben Bedingungen das Aufsaugungsvermögen des unzersetzten Sphagnumtorfes zu. Wurde er mit heißem Wasser übergossen, so konnte er die 13,4fache,

¹⁾ In allen Versuchen war die Vorsicht angewandt, daß die verschiedenen zur Bestimmung des Aufsaugungsvermögens verwandten Proben immer nahezu die gleiche Menge Trockensubstanz enthielten. Bei den Versuchen mit Torf schwankte die Menge der Trockensubstanz nur zwischen 21 und 28,6 g, bei allen Versuchen mit Sphagnen war die Trockensubstanzmenge 23,5 g.

bis zum Kochen erhitzt die 14,7fache, bei 5 Minuten langer Kochdauer die 15,6fache Menge Wasser aufnehmen.

Viel bedeutender nimmt das Aufsaugungsvermögen durch alkalische Substanzen zu. Nach den zahlreichen Versuchen, die — allerdings nur mit Sphagnumtorf — hierüber vorliegen,¹⁾ kann eine Erhöhung des Aufsaugungsvermögens bis um 40 % und darüber eintreten, wenn ganz geringe Mengen Ammoniak in der Siedehitze auf den Torf einwirken. Dabei wird durch die starke Quellung der Colloidsubstanzen das Wasser viel stärker festgehalten und tropft um so langsamer ab, je mehr Ammoniak verwendet wird.

Auch die Hysteresis ist bei der Wasserabsorption von Torfstreuproben in Schweden beobachtet worden. S. Hammar fand, daß „die Proben bei längerem Aufbewahren an der Luft (ein Jahr) gewissen Veränderungen unterliegen müssen, da das Aufsaugungsvermögen bei erneuter Analyse ganz beträchtlich abgenommen hatte, obgleich der Wassergehalt in beiden Fällen ungefähr gleich groß geblieben war.“²⁾ Da man an Hysteresis nicht dachte, vermutete man, es könnten sich die wachsartigen Stoffe in den Zellen (durch Oxydation?) verändert haben, konnte jedoch durch besondere Versuche keinen Beleg für diese Annahme beibringen. Das Wasseraufsaugungsvermögen muß durch die gleiche Ursache geschwächt worden sein wie das Absorptionsvermögen für Basen bei den oben erwähnten Versuchen: durch die Nachwirkung der absorbierten Elektrolyte auf die Colloide.

C. Welche Substanz bewirkt die Absorptions-(Säure-)Erscheinungen in Sphagnen und Moostorf. Bedeutung der Absorption für das Leben der Sphagnen.

Um die Substanz in den Sphagnen bezeichnen zu können, welche die Basen aus verdünnten Lösungen absorbiert, muß Ref. noch auf den ebenso einfachen als interessanten anatomischen Bau dieser

¹⁾ Vergl. Wilk, a. a. O. S. 339, ferner Mitteil. des Vereins zur Förd. der Moork., 1909, S. 182 und 282.

²⁾ H. v. Feilitzen, J. Lugner und H. Hjertstedt, „Weitere Untersuchungen über das Wasseraufsaugungsvermögen der Torfstreu“. Mitt. d. Ver. zur Förderung d. Moork. 27, 1909, S. 226.

Gewächse mit wenigen Worten eingehen und auf ihre Ernährungsweise, die mit diesem Bau zusammenhängt.

In Ermanglung von Wurzeln sind bei den Sphagnen (wie bei anderen Moosen) die Blätter vor allem zur Nährstoffaufnahme bestimmt. Diese Blätter bestehen nur aus einer einzigen Schicht von Zellen, die in zwei verschiedenen Formen ausgebildet sind und offenbar ganz verschiedenen Zwecken dienen. Die einen Zellen sind unverhältnismäßig klein, besonders bei Hochmoorsphagnen, und zwischen die anderen, vielmal größeren, gleichsam eingekeilt. Nur die kleinen Zellen sind lebendig, nur sie enthalten Protoplasma und Chlorophyll; mit ganz schmalen Streifen legen sie sich an die großen Zellen an. Die großen Zellen aber sind leblos, ohne Protoplasma, hohl, jedoch vor dem Zusammenklappen meist durch Verdickungen der Membran, durch sog. „Spiralfasern“ geschützt. Sie sind durchsichtig und farblos und heißen darum „Hyalinzellen“ (s. die Abbildungen 2 und 3 auf beiliegender Tafel). Die großen Hyalinzellen scheinen den Zweck zu haben, die kleinen Chlorophyllzellen, die sie oft ganz oder zum größten Teil umschließen, mit Wasser zu versorgen. Denn sie sind von Löchern durchbohrt, durch die das Wasser stets ungehindert durchströmen, etwa vorhandene Luft auch leicht austreten kann. Sie können sich sehr schnell mit Regen- und Schneewasser füllen, sie können auch vom Untergrund aus den kleinen Zellen Wasser zuleiten, da ein Teil der Sphagnenäste oft nach unten abgebogen ist, so daß das Wasser capillar durch die Blätter nach oben steigen kann (s. Abbildung 1 auf beiliegender Tafel). Zur Hebung des Wassers aus dem Boden dient jedoch vorzüglich der Stengel, der in seiner schwammigen Außenrinde (Epidermis) ebenfalls eine oder mehr Schichten an solchen hohlen, porösen, durchsichtigen Zellen und damit ein ganzes System von Capillarröhren besitzt. „Wenn man ein unverletztes, trockenes Sphagnumstämmchen mit dem untern Teil in ein Glas mit Wasser bringt, so ist die Flüssigkeit schon nach wenigen Minuten in die obersten Regionen des Stengels heraufgezogen worden; die vollgesogene Spitze neigt sich über den Rand des Glases und das überflüssige Wasser tropft herab. Nun wirkt das ganze Stämmchen wie ein Saugheber, mit dessen Hilfe fast die ganze Flüssigkeit aus dem Behälter entfernt wird.“¹⁾

Die gesamten anatomischen Einrichtungen der Sphagnen zielen also darauf ab, den kleinen, grünen Zellen immer Wasser zuzuführen und selbst die ganzen Pflanzen suchen sich gegenseitig in dieser

¹⁾ Warnstorf, Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, Leipzig 1903, I, S. 296.

Absicht zu unterstützen. Sie schließen sich meistens zu dichten Rasen und Polstern zusammen, halten auf diese Weise das Wasser fest, leiten es capillar aufwärts und seitwärts und schützen es vor Verdunstung. So fällt denn auch die Hauptentwicklung und das lebhafteste Wachstum der Sphagnumpflanze nicht wie bei den meisten anderen Gewächsen in die Sommermonate, sondern in den Herbst und Winter, wenn der Boden am wasserreichsten ist, wenn Rasen und Polster von Wasser durchdrungen sind, wenn die großen Hyalinzellen sich immer leicht mit Wasser füllen und nur wenig durch Verdunstung verlieren können.

Obwohl nun zweifellos die großen Hyalinzellen den kleinen Chlorophyllzellen immer Wasser zuführen, kann doch mit der Wasserversorgung nicht ihre Aufgabe erschöpft sein. „Man muß sich fragen, warum denn diese kleinen, grünen Zellen nicht selbst unmittelbar Wasser aus der Umgebung aufnehmen, wie es so viele andere Laub- und Lebermoose tun.“¹⁾ Da die Sphagnen fast alle im sumpfigen Boden oder ganz im Wasser leben, steht es ihnen ja stets reichlich zur Verfügung. Man hat darauf erwidert, die großen porösen Zellen könnten doch in niederschlagsarmen Perioden die kleinen lebenden vor dem Vertrocknen bewahren; überdies auch ihren Chlorophyllapparat vor dem direkten Sonnenlicht schützen, das sich an den durchsichtigen Wänden der großen Zellen brechen und schwächen muß. Aber auch diese Erklärungen können nicht genügen. Denn bei den ständig im Wasser lebenden, schwimmenden und untergetauchten Sphagnen der *Cuspidatum*-Gruppe brauchen die kleinen, grünen Zellen keinen Schutz vor dem Vertrocknen, sind aber doch meistens mit den großen, durchlöcherten Zellen ausgestattet, und sie gehen sehr schnell zugrunde, wenn sie nur kurze Zeit außer Wasser zubringen müssen. Vor dem Licht aber brauchen sich nur solche Sphagnen zu schützen, die dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt sind, wie die im offenen Moor lebenden, und diese machen bereits von einem im Pflanzenreich weit verbreiteten Schutzmittel Gebrauch; sie bilden gelbe, braune, rote, violette Farbstoffe aus (und zwar besonders intensiv in der Zeit der stärksten Bestrahlung im Hochsommer),²⁾ während die im Wasser und Waldesschatten lebenden Sphagnen) dieses Schutzes nicht bedürfen und grün bleiben. Also auch zum Lichtschutz sind die großen Zellen nicht nötig; sie kommen ja auch

¹⁾ A. Kerner von Marilaun, „Pflanzenleben“, Leipzig, 1896, 1, 208.

²⁾ Warnstorf, Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, Leipzig 1903, 1, 309.

da, wo das Licht nicht schaden kann, an den im nährstoffarmen Wald und Wasser lebenden Sphagnen in schöner Ausbildung vor.

Demnach trifft das Urteil Göbels und Kerner von Marilauns vollkommen zu, daß der Sinn und Zweck der großen wasserführenden und wasserleitenden Zellen für das Leben der Sphagnen bisher nicht erkannt wurde.¹⁾

Am wahrscheinlichsten ist noch, wie Göbel und Sachs schon vermuteten, daß sie für die Ernährung der Sphagnen eine wichtige Rolle spielen. Denn die meisten Sphagnen leben im Moor und Moorwasser, also in nährstoffarmen Medien. Besonders die typischen Hochmoorsphagnen sind auf die minimale Menge Nährstoffe angewiesen, die ihnen im Staub sowie im Regen- und Schneewasser zugeführt werden.

Ein ganz hervorragendes Mittel gerade aus äußerst verdünnten Lösungen die Nährstoffe herauszuholen, bieten nun unsere stark quellfähigen Colloide, in welche die Nährstoffe eindiffundieren können. Die Sphagnen können mit ihrer Hilfe nicht allein aus den verdünntesten Lösungen die zur Ernährung nötigen Basen des Kaliums, Calciums, Magnesiums etc. aufnehmen, sondern auch die scheinbar unlöslichen kohlensauen und phosphorsauren Salze sich nutzbar machen.

Sollen diese Colloide eine bedeutende Wirksamkeit entfalten, so brauchen sie nur eine möglichst große Oberfläche zu besitzen; denn je größer die Oberfläche um so intensiver ist die Reaktionsfähigkeit des Colloids. Indem nun die Sphagnumpflanze sich in Form großer, leerer Zellen mit einem Gerüst äußerst zarter Zellwände umgibt, sorgt sie zugleich für eine außerordentliche Oberflächenentwicklung colloider Stoffe.²⁾ Sie vergrößert noch innerhalb der großen Zellen ihre Oberfläche, indem sie die „Spiral-

¹⁾ Göbel, *Organographie der Pflanzen*, Jena, 1898, 1, S. 366. Göbel vermutet mit Sachs, daß die großen Zellen als Verdunstungsapparat funktionieren, damit die geringen im Regenwasser gelösten Mengen Nährstoffe besser ausgenützt werden können. Aber der anatomische und architektonische Bau der Sphagnen ist nicht zur Verdunstung sondern zum Festhalten und Konservieren von Wasser eingerichtet, wie besonders Warnstorff wiederholt hervorhebt. (A. a. O. S. 292, 297, 303, 305.) Überdies spricht gegen diese Vermutung der Umstand, daß die Sphagnen in den Zeiten der geringsten Verdunstung im Herbst und Winter am besten wachsen und sich ernähren und daß Sphagnen, die ganz im Wasser leben, also gar nicht verdunsten, ebenfalls die Einrichtung der großen Zellen besitzen, vgl. auch H. Paul, *Mitt. d. bayr. Moorkulturanst.* 2. 105.

²⁾ Über die colloide Beschaffenheit der Zellmembranen vergl. besonders Zangger, *Über Membranen und Membranfunktionen. Ergebnisse d. Physiologie*, 7, 1908, S. 99, mit zahlreichen Literaturangaben.

fasern“ mehr oder minder weit in das Zellumen vorspringen läßt, oder indem sie zarte colloide Scheidewände errichtet, welche die großen Zellen in mehrere sog. Tochterzellen teilen. Demnach müssen die durchlöchernten großen Hyalinzellen Pflanzennährstoffe aus den verdünntesten Lösungen aufnehmen können; sie bilden einen Fangapparat für Pflanzennährstoffe, den die im Hochmoor wachsenden, nur auf die Nährstoffe in den atmosphärischen Niederschlägen angewiesenen Sphagnen notwendig brauchen.¹⁾ Dann **ist aber das, was man Sphagnumsäure und Humussäure genannt hat, nichts anderes als die Zellhaut der hyalinen Sphagnumzellen.** Diese hat die Aufgabe, dem Wasser die Nährstoffe zu entnehmen und sie den grünen Zellchen zuzuführen, die wegen ihres geringen Umfanges hierzu wenig geeignet erscheinen.

Hiermit steht es dann auch im Einklang, daß der ganze Apparat der großen Hyalinzellen im nährstoffreicheren Boden der Niedermoor Moore mehr oder minder verkümmert. Die hier lebenden Sphagnen bedürfen der großen Oberflächenentwicklung der Colloide nicht mehr, um sich mit mineralischen Nährstoffen zu versorgen, und ihr Nährstoff-Fangorgan degeneriert wie jedes Organ des pflanzlichen und tierischen Körpers, das nicht mehr benützt wird. So sind bei *Sph. parvifolium* die Hyalinzellen der Stammepidermis schlecht ausgebildet und fehlen scheinbar ganz, bei *Sph. platyphyllum* besteht die Stengelepidermis meist nur aus zwei Schichten Hyalin-Zellen gegenüber den 3—5 Schichten bei Hochmoorsphagnen; außerdem sind die Hyalinzellen der Blätter eng, ihre Poren an der Innenseite der Blätter meist zugewachsen (Pseudoporen), an der Außenseite aber von „äußerst winzigen“ Dimensionen. Auch die normalen Poren sind klein, sodaß der Wasseraustausch nur träge und langsam erfolgen kann. Bei *Sphagnum teres* (und *squarosum*) sind umgekehrt die Poren sehr zahlreich und teilweise so auffallend vergrößert, daß sie als Membranlücken bezeichnet werden können.²⁾ Hier muß die Colloidschicht erheblich an Oberfläche und mithin auch an Wirksamkeit verlieren; hier sind offenbar schon die kleinen, grünen Zellen zur direkten Nährstoffaufnahme befähigt, vgl. d. col. Tafel. Natürlich ist dann auch das Wasseraufsa-

¹⁾ Mit besonderen Fangapparaten für Pflanzennährstoffe sind bekanntlich auch andere Hochmoorgewächse ausgestattet; so besitzen die fleischfressenden *Drosera*-Arten einen Fangapparat für alle Nährstoffe und die mit Mykorrhizen versehenen im Hochmoor vorkommenden Gewächse, die Heidekiefer, Schwarz-erle, das Heidekraut Fangapparate für Stickstoff.

²⁾ Vergl. Warnstorf, Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, 1, S. 390, 451, 348, 345.

gungsvermögen bedeutend verringert. Nach direkten Versuchen von H. Paul konnten z. B. *Sphagnum teres* und *platyphyllum* nur die 16—17fache Menge Wasser aufsaugen, während Hochmoorsphagnen unter den gleichen Versuchsbedingungen die 23—26,8fache Menge ihres Gewichtes an Wasser aufzunehmen vermögen.¹⁾

Einen hübschen Beweis, daß tatsächlich die Zellwände keine unlösliche Säure enthalten, sondern nur Basen aufnehmen und Säuren aus Salzen abspalten, lieferte schließlich noch das Mikroskop. Wenn man nämlich irgend eine in Wasser unlösliche oder schwer lösliche Säure, z. B. Benzoësäure, fein verteilt auf eine Glasplatte bringt und läßt dann eine verdünnte Lösung von Jodkalium und jodsaurem Kalium vorsichtig zufließen, so bemerkt man überall an den Berührungspunkten mit der Lösung eine braune Färbung der Säure durch Abscheidung von Jod. Wäre nun in den grünen oder farblosen Sphagnumzellen eine unlösliche Säure enthalten, so müßte sich hier genau dieselbe Erscheinung zeigen; da wo die unlösliche Säure sich befindet, müßte auf Zusatz der Jodsalze die braune Färbung auftreten. Allein an den von Herrn Dr. Paul hergestellten Präparaten von Hochmoorsphagnen hat sich unter dem Mikroskop bei 700facher Vergrößerung weder eine Färbung der Zellwände noch irgend eine Fleckenbildung an den Sphagnumzellen auf Zusatz der Jodsalze beobachten lassen. Anfangs bemerkt man überhaupt keine Reaktion. Allmählich aber färbt sich die Flüssigkeit innerhalb der Höhlung der Hyalinzellen braun. Die Farbe kann nur dadurch zustande kommen, daß die Zellwände dem Jodkalium (vielleicht auch dem jodsauren Kalium) die Basis entziehen und in der Lösung die freie Säure der Jodsalze zurücklassen, die dann die Jodabscheidung hervorruft. Daß an den Zellwänden und in den grünen Zellen selbst die Reaktion nicht eintritt, ist ein sicherer Beweis, daß hier keine unlöslichen Säuren vorhanden sind.

¹⁾ H. Paul, Das Wasseraufnahmungsvermögen der Sphagnumarten. Mitt. der k. Bayer. Moorkulturanstalt, 2. Heft, Stuttgart, 1908, S. 110.

Rückblick und Folgerungen.

Die Beschäftigung mit den Sphagnen aus den Chiemseemooren und dem Moostorf aus Triangel hat uns manchen Einblick in das eigenartige Leben der wichtigsten Hochmoorpflanze und in die Eigentümlichkeiten des Hochmoorbodens gestattet. Wir wollen nun die Ergebnisse der Untersuchungen zusammenfassen und zugleich auf die Folgerungen hinweisen, die sich daraus für Bodenkunde und Moorkultur, für Colloidchemie und Pflanzenphysiologie ergeben.

Bodenkunde.

Für die Bodenkunde ist die Aufklärung wichtig, die wir über die Natur der sogenannten „freien Humussäuren“ erhalten haben. Früher glaubte man, bei der Verwesung der Pflanzen bilden sich bestimmte Säuren im Boden, die Humussäuren, die besonders reichlich im Hochmoor vorkommen, hier im freien Zustand auftreten und dadurch einen schädlichen Einfluß auf das Wachstum unserer Kulturpflanzen ausüben. Sie sollten unlösliche Karbonate und Phosphate zerlegen und aus Sulfaten, Chloriden und anderen Metallsalzen die Säure in Freiheit setzen, unter Bildung von humussauren Salzen („Humaten“). Aus vergleichenden Untersuchungen ging jedoch hervor, daß schon die Sphagnumpflanzen, aus denen der Hochmoortorf vorzüglich sich bildet, genau die gleichen Erscheinungen und ungefähr in der gleichen Intensität zeigen, wie der Moostorf. Dabei waren auch alle die auffallenden Eigentümlichkeiten, die man am Hochmoortorf bei Zerlegung der Phosphate und der Abspaltung freier Säuren aus Metallsalzen beobachtet, schon bei den Hochmoorsphagnen nachzuweisen. Man mußte also annehmen, daß es keine freien Humussäuren im Hochmoor gibt, sondern daß ein bereits in den Hochmoorbildnern, den Sphagnen, vorhandener Stoff die Säureerscheinungen hervorruft.

Der weitere Verlauf der Untersuchungen zeigte dann, daß die Ursache dieser Erscheinungen auch bei den Sphagnen keine Säure sein kann. Man muß vielmehr aus der geringen elektrischen Leitfähigkeit und dem Verlauf der Reaktionen mit löslichen und unlöslichen Salzen schließen, daß keine Säurewirkungen, sondern Absorptionswirkungen in Frage kommen, die sich an großen Oberflächen abspielen. Durch starke Oberflächenwirkungen zeichnen sich bekanntlich colloidale Stoffe aus und es ist seit langer Zeit bekannt, daß in Sphagnen und Moostorf quellbare Colloide enthalten sein müssen, die man heute Emulsionscolloide nennt. Die

angeblichen Säureerscheinungen verlaufen nun bei Sphagnen und Moostorf genau in der gleichen Weise, wie die Absorptionserscheinungen an organischen und unorganischen Emulsions-Colloiden. Würden Sphagnen und Moostorf die Basen aus ihren Lösungen unter Bildung von Salzen (Humaten) aufnehmen, so müßten die Metalle in äquivalenten Verhältnissen aus ihren Lösungen verschwinden und in das Molekül der Sphagnumsäure eintreten. Die Neutralisationsversuche und die Versuche mit verschiedenen Metallsalzen ergaben aber, daß — ebenso wie bei anderen Colloiden — einwertige Metalle in geringerem Äquivalentverhältnis gebunden werden als zweiwertige und diese wieder in geringerem als dreiwertige. Selbst unter gleichwertigen Metallen kommen Unterschiede vor. So werden aus Chloridlösungen mehr Grammäquivalente von Kalium absorbiert als vom Natrium, vom Calcium mehr als vom Magnesium, vom Aluminium mehr als vom Eisen. Eine wichtige Rolle spielt bei der Absorption aus Salzen auch die Stärke der Säure, die mit der Basis verbunden ist. Zwar können Sphagnen und Moostorf auch aus Chlorid- und Nitratlösung die Basen absorbieren und die beiden stärksten Säuren, Salz- und Salpetersäure in nicht geringer Menge verdrängen. Aber es wird doch um so mehr Säure frei gemacht und um so mehr Basis absorbiert, je schwächer die abgespaltene Säure ist, je weniger sie freie H-Jonen enthält. Auch diese Erscheinung ist von anderen Colloiden bekannt.

Außerdem ist die Größe der Absorption, d. i. die Menge der gebundenen Basis noch abhängig von der Konzentration ihrer Lösung und von der Menge der Colloidsubstanzen. Mit der Zunahme der Konzentration steigt bei allen Colloiden, so auch bei Sphagnen und Moostorf die Menge der absorbierten Basis bis zu einer bestimmten Grenze; aber aus verdünnten Lösungen wird stets — wie bei allen Colloiden — relativ mehr Basis absorbiert als aus konzentrierten, und von kleineren Mengen Sphagnen und Moostorf relativ mehr als von größeren. Ohne Einschränkung gilt dies aber nur für die Lösungen freier Alkalien und Erdalkalien und ihrer Salze. Man kann hier den Verlauf der Absorption mittelst der für Colloide charakteristischen Absorptionsisothermen darstellen; man kann dann die Konstanten berechnen, welche die Form dieser Kurven beherrschen und man kann schließlich mit Hilfe der „Absorptionsformel“ für jede beliebige Konzentration (nur nicht für sehr stark verdünnte [ca. $\frac{1}{250}$ N.] Lösungen) die Größe der Absorption vorausbestimmen. Dies ist gewissermaßen der mathematische Beweis, daß keine Säuren, sondern Colloide die ange-

lichen Säureerscheinungen hervorrufen. Bei den dreiwertigen Metallen, Eisen und Aluminium, trafen wir auf Unregelmäßigkeiten. Es hat sich für die Chloride und für das Eisenhydroxydsol nicht die bekannte Absorptionskurve ergeben. Aber gerade diese Unregelmäßigkeiten lieferten einen neuen Beweis, daß es sich bei der Absorption um Colloidwirkungen handelt. Denn sie waren dadurch bedingt, daß Eisen und Aluminium in ihren Salzlösungen selbst teilweise in Colloidform vorhanden sind und wir konnten jetzt die interessanten Erscheinungen wahrnehmen, die man beim Zusammentreffen zweier Colloide von entgegengesetzter elektrischer Ladung bereits beobachtet und beschrieben hat: Nur in gewisser Konzentration der Chloride und des Eisenhydroxydsols fand innerhalb drei Stunden eine verhältnismäßig starke Absorption statt. Bei stärkerer Konzentration stieg sie nicht an, sondern fiel beträchtlich ab, so daß schon in $\frac{1}{2}$ N.-Lösung (bei Eisen schon in $\frac{1}{5}$ N.-Lösung) überhaupt keine Basis mehr absorbiert wurde.¹⁾ Es wird also in diesen konzentrierten Lösungen die Basis abgestoßen, was man sich dadurch erklären kann, daß durch die H-Ionen der Salzsäure und durch die positiven Colloide selbst eine Umladung der negativen Colloide erfolgt.

Ferner konnte nachgewiesen werden, daß die Basen nur in lockerer Verbindung an dem Colloid haften, besonders die einwertigen, die man durch Auswaschen mit Wasser fast vollständig von dem Colloid wieder loslösen kann. Die zweiwertigen Basen trennen sich durch Behandlung mit Wasser und Kohlensäure wieder größtenteils ab, gehen aber auch fast völlig in Lösung, wenn das Colloid mit Salzlösungen der Alkalien im Überschuß behandelt wird. Schließlich konnten die Absorptionserscheinungen und andere Eigentümlichkeiten der Colloide, wie die sogenannte Hysteresis, auch schon bei der Aufnahme des Wassers durch Sphagnen und Moostorf erkannt werden.

Es dürfte durch diese Untersuchungen feststehen, daß die den freien Humussäuren zugeschriebenen Erscheinungen und Eigentümlichkeiten auf Oberflächenwirkungen von Colloiden zurückgeführt werden müssen, die in den Sphagnen enthalten sind.

Betrachtet man nun den anatomischen Bau der Sphagnen, so erkennt man, daß sie fast nur aus Zellhäuten bestehen und diese Zellhäute bilden auch den Hauptbestandteil des Moostorfes. Quellbare Zellmembranen sind aber ausgesprochene Colloide. Es liegt also der Schluß sehr nahe, daß die Colloidwirkungen von der

¹⁾ Wo eine Absorption stattfand, scheint sie bei dreistündiger Einwirkung noch nicht beendet zu sein.

außerordentlich großen Oberfläche dieser Zellhäute ausgehen. Nicht ein bestimmter Prozentsatz an Säure, sondern die gesamte quellbare Oberfläche der Zellhäute in Sphagnen und Moostorf rufen die angeblichen Säurewirkungen hervor, und zwar einfach dadurch, daß die Zellhäute aus Salzlösungen mehr Basis als Säure absorbieren. Hat doch jede Pflanze mehr Basis als Säure zu ihrem Leben nötig. Durch die Absorption der Basis aus Salzlösungen muß Säure frei werden; und hiedurch entsteht eine saure Reaktion gegen Indikatoren, besonders Lackmus, die am meisten zur irrigen Annahme der freien Säure im Hochmoor beigetragen hat. Im übrigen kann man unlösliche Substanzen wie Sphagnum und Moostorf, bezw. Pseudolösungen, überhaupt nicht direkt auf saure oder basische Beschaffenheit mit Indikatoren prüfen, sondern nur homogene Lösungen.¹⁾

Die Zellhaut kann natürlich nur aus Lösungen die Basis durch Diffusion aufnehmen; sie kann als unlösliches Colloid keine unlöslichen Salze zerlegen, wie die Säuren. Deshalb wird auch aus dem unlöslichen oxalsauren Kalk in Sphagnen und Moostorf keine Säure frei gemacht und keine Basis absorbiert, wohl aber werden aus Lösungen von Calciumsulfat und Chlorcalcium durch Kalkabsorption die starken Mineralsäuren abgeschieden. Auch die Zerlegung des Tricalciumphosphats und Calciumcarbonats kann nicht auf Säurewirkung zurückgeführt werden; sie beruht darauf, daß diese Kalksalze durch Wasser zersetzt werden und darin, wenn auch nur in geringem Betrag löslich sind. Die Zellhäute nehmen aus diesen Lösungen den Kalk auf, worauf sich wieder Phosphat und Karbonat lösen kann und zwar jetzt in größerer Menge, weil sich auch die frei gewordene Phosphorsäure bezw. Kohlensäure an der Aufschließung der Kalksalze beteiligen. Die vermeintliche Säurewirkung der Sphagnen und des Moostorfes ist also hier auch nichts anderes, als eine

¹⁾ Durch Unkenntnis dieser Tatsache ist schon viele Verwirrung angerichtet worden, in die erst die neueren Methoden der physikalischen Chemie Klarheit gebracht haben. Es hat sich als sicher herausgestellt, daß viele Flüssigkeiten, die man auf Grund der Farbenänderung der Reagenzpapiere und auf Grund von Titration als sauer, alkalisch oder amphoter erklärte, wie Blut, Tränen, Milch, Harn, Speichel, die Abscheidungen der Pflanzenwurzeln von der Reaktion des Wassers unerheblich abweichen, also neutral sind. Hiezu vergl. Friedenthal, Zeitschr. f. Allg. Physiol. 4, 1904, S. 44; Fränkel, Jahrbuch d. Elektrochemie II, 207; C. Foà, Zeitschr. f. Elektrochemie 12, 1906, S. 890; Abersson, Jahrb. f. wiss. Bot. 47. 1909. 41. Nur die in den Flüssigkeiten enthaltenen Colloide können die Täuschungen hervorgerufen haben.

Absorption des Kalkes aus Lösungen, an der man die gleichen Gesetzmäßigkeiten nachweisen kann, wie bei der Absorption aus anderen Salzlösungen. Die eigentümliche Tatsache, die Fleischer feststellte, daß Aluminiumphosphat von Moostorf viel leichter zersetzt wird als Eisenphosphat, obwohl es in Wasser viel schwerer löslich ist,¹⁾ erklärt sich einfach daraus, daß das Aluminium stärker absorbiert wird als das Eisen, wie aus den Versuchen Seite 95 und 99 hervorgeht. Die weitere eigentümliche Erscheinung, daß die „freie Humussäure“ gerade in den obersten Schichten des Hochmoores, die noch sehr wenig humifiziert sind, in größter Menge vorkommt, in den unteren Schichten aber abnimmt, ist ohne weiteres verständlich: Oben sind die Zellhäute der Sphagnen noch am besten konserviert, unten sind sie teilweise zersetzt (vergl. Gesch. der Humuss. Seite 87). Die macerierten Zellhäute verlieren aber beim Lagern im nassen Hochmoor nur wenig von ihrer colloidalen Beschaffenheit, so daß auch in tieferen Schichten des Hochmoores die Absorptionskraft (der „Gehalt an freier Humussäure“) größtenteils erhalten bleibt.

Moorkultur.

Wenn es keine freien Humussäuren und keine freien Sphagnumsäuren gibt, so hat man bisher gegen Windmühlen gekämpft, indem man sie bei Beginn der Hochmoorkultur zu „neutralisieren“ oder „unschädlich zu machen“ suchte. Man kann jetzt nur noch die Frage aufwerfen, ob nicht vielleicht die Absorptionskraft des Hochmoores für Basen, welche die Säureerscheinungen vorgetäuscht hat, unseren Kulturpflanzen schädlich ist und ob man vielleicht diese Absorptionskraft eindämmen oder zerstören muß. Darauf geben die beschriebenen Versuche im Verein mit den seit 19 Jahren in bayerischen Hochmooren ausgeführten Felddüngungsversuchen eine klare Antwort.

Die Laboratoriumsversuche zeigten die wunderbare Fähigkeit der Hochmoorsphagnen und des Hochmoortorfes mineralische Nährstoffe, die zum Leben der Sphagnen unentbehrlich sind, an sich zu ziehen und festzuhalten, selbst dann, wenn diese Nährstoffe in Form von Salzen starker Säuren geboten werden. Diese Anziehungs- und Absorptionskraft ist zweifellos für das Leben der Sphagnen nicht nur nützlich, sondern unentbehrlich. Sie kann aber auch im Kulturboden nur Nutzen stiften. Wäre sie nicht vorhanden, so würden die Nährstoffe unserer Düngemittel in kurzer Zeit aus der Ackerkrume in den Untergrund versinken und zum großen Teil verloren gehen.

¹⁾ Landw. Jahrb. XII, 1883, S. 175.

Je mehr von den Nährstoffen in der Krume festgehalten wird, um so mehr werden unsere Kulturpflanzen während ihrer Entwicklung vorfinden und um so höhere Ernten werden sie liefern. Man braucht nicht zu befürchten, daß die absorbierten Nährstoffe so fest an den Colloiden haften, daß sie nicht verwertet werden können. Wie wir gesehen haben, werden sie schon durch kohlenensäurehaltiges Wasser und beim Trocknen des Moorbodens (der Colloide) wieder in Lösung übergeführt (vergl. Seite 118, 125). Der Nutzen der Absorptionskraft ist demnach nicht zu bestreiten und man wird bei der Moorkultur ein Hauptaugenmerk auf eine möglichst zweckmäßige Verwertung dieser Kraft zu richten haben und sie eher zu stärken als zu schwächen suchen. Daraus ergeben sich zunächst wichtige Anhaltspunkte für die praktische Ausführung der Düngung im Hochmoor. Man muß sie so einrichten, daß die Nährstoffe möglichst vollkommen am Torf absorbiert werden und zwar möglichst in dem Verhältnis, wie sie die Kulturpflanzen zur Ernährung benötigen und man muß alle Maßnahmen vermeiden, welche die absorbierten Nährstoffe wieder auflösen und in den Untergrund führen können.

Kalidüngung: Die Versuche über die Absorption der Basen aus verschiedenen Salzlösungen (S. 80—86 und S. 102—105) zeigten, daß Kali und Natron aus Chloriden am wenigsten festgehalten werden, viel mehr aus Sulfaten und am meisten aus Salzen mit schwachen Säuren. Demnach müßten von den im Handel vorkommenden Kalisalzen die kohlen-saure Salze (Pottasche, kohlen-saure Kalimagnesia) die beste Wirkung zeigen und die größten Ernten liefern; dann müßten die Sulfate und an letzter Stelle die Chloride folgen. Die Felddüngungsversuche der bayerischen Moorkulturanstalt in neu kultiviertem, ungekalktem Hochmoor zeigten tatsächlich, daß die Kalidüngesalze genau in dieser Reihenfolge die Kartoffelernten der ersten Kulturjahre beeinflussen.¹⁾

Viel wichtiger als die Absorption des Kalis ist aber für die Hochmoorkultur die Abspaltung freier Mineralsäuren aus den verschiedenen Staßfurter Kalisalzen, die mit der Basenabsorption stets verbunden ist. Man hat diesen Vorgang, der von größter Bedeutung für die Kunstdüngerwirtschaft im Hochmoor ist, bisher fast nicht beachtet, weil man ihn nicht richtig erkannt hat. Aus den Absorptionsversuchen geht nunmehr hervor, daß bei einer Düngung des nicht gekalkten Hochmoores mit 200 kg

¹⁾ Diese Versuche sind schon im Jahre 1901 in den Arbeiten der D. L.-G., Heft 56, veröffentlicht worden.

Kali pro Hektar aus allen Staßfurter Kalisalzen alle darin enthaltenen Basen vollkommen absorbiert werden können und alle damit verbundene Mineralsäure in freiem Zustand abgeschieden werden kann.¹⁾ Wenn sich also ein Unterschied zwischen der Wirkung der Karbonate, Sulfate und Chloride bei den Düngungsversuchen ergeben hat, so wird weniger die verschiedene Kaliabsorption als vielmehr die in Freiheit gesetzte Säure das Ergebnis bestimmen. Denn starke freie Mineralsäuren im Boden sind den Pflanzen schädlich und die Menge dieser Mineralsäuren muß verschieden sein nach Art und Menge des Kalisalzes, das ausgestreut wird. Düngt man mit kohlen-sauren Salzen, so wird nicht nur alles Kali absorbiert, sondern es entwickelt sich auch eine ganz unschädliche Säure, die Kohlensäure. Hieraus ergibt sich ohne weiteres, daß die Kalidüngung in Form von Pottasche, kohlen-saure Kalimagnesia oder Holzasche am besten wirken muß. Düngt man mit Sulfaten und Chloriden, so wird voraussichtlich alle darin enthaltene Schwefel-säure und Salzsäure in Freiheit gesetzt. Je weniger das Düngesalz aber Kali enthält, um so mehr muß davon ausgestreut werden und um so größere Mengen freier Säure müssen entstehen, weil nicht nur aus den Kalisalzen, sondern auch aus den beigemengten Natrium- und Magnesiumsalzen die freie Säure abgespalten wird. Bei Düngung mit 200 kg Kali pro Hektar entstehen dann in der Wurzelschicht der Kulturpflanzen folgende Säuremengen:

aus Carnallit 25,51 kg freier Säurewasserstoff = 931 kg freie Salzsäure²⁾
 „ Kainit 21,62 „ „ „ = 789 „ „ „
 „ schwefels. Kalimagnesia (27,2% K₂O) 8,96 kg freier Säurewasserstoff = 327 kg freie Salzsäure
 aus 40% igem Kalisalz 6,8 kg freier Säurewasserstoff = 248 kg freie Salzsäure.

¹⁾ In der Vegetationsschicht des Hochmoores von 20 cm Tiefe beträgt die Menge der Trockensubstanz ungefähr 300 000 kg pro ha. Diese Menge würde unter Zugrundlegung der auf S. 83 mitgeteilten Zahlen aus Chlornatrium im Mittel 22,74, aus Chlorkalium 26,76, aus Chlormagnesium 39 kg freien Säurewasserstoff zur Abscheidung bringen, während aus 1600 kg Kainit (= 200 kg Kali) nur ca. 22 kg Säurewasserstoff frei werden können, falls alle in den Salzen enthaltene Salzsäure und Schwefelsäure in den freien Zustand übergeführt wird.

²⁾ Die frei werdende Säure ist hier des besseren Vergleiches halber bei allen Kalisalzen als Salzsäure berechnet. Zur Berechnung sind die gleichen Zahlen zu Grunde gelegt, wie in der Abhandlung Heft 56 der Arbeiten der D. L.-G. Ref. hat damals das Auftreten der freien Mineralsäuren im Boden darauf zurückgeführt, daß aus den dissociierten Salzlösungen von unsern Kulturpflanzen die Basen angezogen und die Säuren abgestoßen werden. Wie das

Wir erkennen nun, daß durch Düngung mit Carnallit und Kainit sehr große Mengen freier Mineralsäuren im Hochmoor auftreten müssen. Diese Säuren wirken nicht allein direkt schädlich auf die Kulturpflanzen, sondern sie lösen auch noch die wichtigsten Nährstoffe wie Kalk, Magnesia und Phosphorsäure auf und führen sie aus der Ackerkrume fort. Wir begreifen jetzt auch, daß die Hochmoorkultur ohne gleichzeitige Kalkung überhaupt nicht gelingen konnte, so lange nur Carnallit und Kainit als Kalidünger zur Verfügung standen. Nicht die unschuldigen „Humussäuren“ galt es damals zu neutralisieren, wie man glaubte, sondern die großen Mengen freier Mineralsäuren, die sich aus dem Kainit im Hochmoor bilden mußten. Leider zeigte sich sehr bald, daß der Kalk auf die Dauer die Schäden nicht heilen konnte. Er fügte vielmehr noch neue hinzu. Darum mußte das reine „Kalkkunstdüngerverfahren“ scheitern und zur Stalldüngerwirtschaft wieder seine Zuflucht nehmen.

Die erste Regel für die Kunstdüngerwirtschaft im Hochmoor ist demnach, hochprozentige Kalisalze zu verwenden; am besten schwefelsaure Kalimagnesia, die sich in Holland und in Bayern vortrefflich bewährt hat oder auch 40 %iges Kalisalz. Die freien Mineralsäuren, die dann noch im Boden entstehen können, werden bei einer starken Phosphatdüngung schon durch den Kalk neutralisiert, der in den Phosphaten (Kreidephosphat und Woltersphosphat) enthalten ist. Bei geringer Phosphorsäuredüngung streue man zugleich mit den Kalisalzen die nötigen geringen Kalkmengen aus.¹⁾ Jedenfalls merke man: Man hat keine anderen schädlichen freien Säuren im Hochmoor zu fürchten, als die man selbst durch Düngung mit Staßfurter Kalisalzen hineinbringt.

Kalkdüngung und Kalkung. Die Versuche S. 119—123

Verhalten der Sphaggen zeigt, findet dieser Vorgang bei Pflanzen tatsächlich statt. Doch werden im Hochmoor schon durch die Reste der Hochmoorsphaggen die Düngesalze so gründlich in Basen und Säuren zerlegt, daß für die Kulturpflanzen selbst nur sehr wenig (oder nichts) zu tun mehr übrig bleibt.

¹⁾ Warum die Schwefelsäure viel weniger schädlich ist als Salzsäure vgl. Heft 56 D. L.-G., S. 16. Zur Neutralisierung der frei werdenden Mineralsäure sind für schwefelsaure Kalimagnesia nur 251, für 40 %iges Kalisalz nur 189,6 kg Kalk (CaO) notwendig; durch die Phosphatdüngung mit 100 kg Phosphorsäure kommt ca. 250 kg Kalk in den Boden, vgl. daselbst S. 13. — Wenn in spätem Jahren im Hochmoor mit 120—150 kg Kali und 60—70 kg Phosphorsäure gedüngt wird, so ist eine Beimengung von Kalk zur Neutralisierung der aus den Kalisalzen frei werdenden Säure kaum nötig.

haben gezeigt, daß es unmöglich ist, im Hochmoor die „freien Humussäuren“ mit Kalk zu neutralisieren bzw. das Hochmoor auf die Dauer seiner wertvollen Absorptionskraft zu berauben. Die „freie Säure“, d. h. das Absorptionsvermögen stellt sich auch nach der stärksten Kalkung allmählich von selbst wieder ein, weil der absorbierte Kalk durch das kohlenensäurehaltige Bodenwasser vom Torf wieder größtenteils abgewaschen wird. Sehr viel zur Herstellung des ursprünglichen Zustandes müssen auch die Staßfurter Kalisalze und der Chilesalpeter beitragen, besonders wenn sie in großen Gewichtsmengen, wie der Kainit, ausgestreut werden. Diese Salze bilden da, wo sie auf dem Boden auffallen, zunächst eine konzentrierte Lösung¹⁾ und verdrängen überall an diesen Stellen den Kalk aus der Ackerkrume (entkalkende Wirkung des Kainits). Der Kalk sammelt sich im Untergrund an und es vollzieht sich von selbst eine „Untergrundkalkung“, die so lange anhält, bis der Kalk auch hier wieder durch die aus den Salzen frei werdenden Säuren und die Basen entfernt und in das Sickerwasser übergeführt wird. Die in der Ackerkrume an Stelle des Kalkes absorbierten basischen Nährstoffe gehen aber in unsere Kulturpflanzen über, so daß schließlich zum Glück für die „deutsche Hochmoorkultur“ die Absorptionskraft wieder auflebt. Leider richtet der Kalk inzwischen durch seinen Aufenthalt in der oberen Moorschichte schon viel Unheil an. Zunächst beeinträchtigt er die Wirkung der Phosphatdüngung, die darauf beruht, daß der Kalk aus dem Tricalciumphosphat absorbiert und die Phosphorsäure teils als freie Säure teils als saures Kalksalz abgespalten und gelöst wird: die Phosphorsäure kann sich dann im Boden gut verteilen und wieder leicht zerlegbare Absorptionsverbindungen eingehen. Wenn wir aber das Hochmoor schon vor Beginn der Kultur stark mit Kalk versehen, so heben wir damit sein Absorptionsvermögen für Kalk auf und machen dadurch das Moor unfähig aus schwer löslichen Phosphaten den Kalk zu binden und die Phosphorsäure in Lösung zu bringen (vergl. Gesch. d. Humuss. S. 99). Die Rohphosphate müssen dadurch in ihrer Wirkung ganz bedeutend geschwächt werden. Eine starke Kalkung wirkt also der Phosphorsäuredüngung entgegen, eine Tatsache, die schon längst für Mineralböden feststeht, für das Hochmoor aber besonders wichtig ist, weil hier meist schwer lösliche Phosphate verwendet werden. Außerdem schädigen die großen Kalkmengen auch das vorhandene Nährstoff-

¹⁾ Über die allmähliche Verteilung der ausgestreuten Düngesalze im Boden vgl. besonders A. Müntz u. H. Gaudechon, Bied. Cbl. 1910. 146.

kapital des Hochmoores. Nach den Absorptionsgesetzen muß der im großen Überschuß gegebene Kalk die im Boden schon absorbierten Basen Kali und Magnesia aus ihrem Absorptionsverband verdrängen und sie nach dem Untergrund schieben, um so gründlicher, je stärker die Kalkung ist und je besser der Kalk mit dem Boden vermischt wird. Ferner werden, wie längst bekannt, die organische Substanz und damit die wertvollen Stickstoffverbindungen des Hochmoores durch die starke Kalkung zersetzt und verflüchtigt. Man kann sich auf einem stark gekalkten Hochmooracker schon durch den Geruch überzeugen, daß Ammoniak in die Luft geht, während noch niemals der sichere Beweis geliefert wurde, daß durch Kalkung auch nur ein geringer Teil des Düngerstickstoffs erspart werden kann. Die Bodenzersetzung durch den Kalk erfolgt so rasch, daß schon im zweiten Jahr die Erträge bedeutend zurückgehen und man wußte kein anderes Gegenmittel anzuwenden, als immer wieder neuen Torf aus dem Untergrund heraufzupflügen. Wird die Kalkung von Zeit zu Zeit wiederholt, so muß sie zu einem Raub am Bodenkapi tal führen, und dieser Raubbau kann dann auf Hochmooren, die wenig Vorflut haben, schließlich die ganze Moorkultur in Frage stellen.¹⁾ Hieraus ergibt sich als Regel für die Kalkdüngung im Hochmoor: Man beschränke die Kalkgabe auf das äußerst zulässige Maß. Man vermeide jedenfalls die Kalkung, d. h. Gaben von 2000—3000 kg Kalk pro Hektar und darüber. Den Nährstoff Kalk suche man einem kalk- und phosphorsäurearmen Hochmoor lieber durch eine starke Phosphatdüngung beizubringen. Bei einer Düngung mit 250 kg Phosphorsäure in Form von Kreidephosphat oder Woltersphosphat wird ungefähr achtmal mehr Kalk zugeführt als Kartoffel und Roggen zu ihrer Ernährung bedürfen²⁾ und die Kartoffel geben dabei außerordentlich hohe Erträge. Im zweiten Kulturjahr kann die Phosphorsäuredüngung auf 120 kg, im dritten auf das allgemein übliche Maß (ca. 60 kg) zurückgesetzt werden. Ein schlechter Zersetzungsgrad des Bodens schadet den Kartoffeln nicht, ist ihrem Gedeihen sogar förderlich. Man leite also mit ein- oder zweijährigem Kartoffelbau die Hochmoorkultur ein, nachdem der Boden vorher gründlich entwässert ist und führe hiedurch eine bessere Zersetzung herbei. Kann man sich von dem Vorurteil

¹⁾ Es gibt im Voralpenland, in den deutschen Mittelgebirgen viele Hochmoore, die in kleinen Seebecken herangewachsen sind und nur sehr geringe Vorflut besitzen.

²⁾ Hierüber vgl. Bericht über die Arbeiten der k. bayer. Moorkulturanstalt über das Jahr 1906 (München, Rieger), S. 84, 1907, S. 76.

der Kalkung nicht befreien, oder muß man aus wirtschaftlichen Gründen eine rasche Zersetzung des Bodens herbeiführen, so vermeide man wenigstens den Ätzkalk; man gebrauche tonhaltige Kalkdünger (Mergel), weil dadurch die Absorptionskraft, die der Torfboden durch den Kalk verliert, von dem Ton übernommen werden kann. Vermischung des Hochmoores mit Ton oder mit anderen absorptionskräftigen Mineralien (Zeolithen) wird voraussichtlich eine viel günstigere Wirkung hervorrufen als die Kalkung, sofern hiedurch die Absorptionskraft des Moores gestärkt wird, während die Kalkung sie schwächt. Eingehende Versuche hierüber wären dringend wünschenswert.

Phosphorsäuredüngung. Daß das Superphosphat ein völlig ungeeignetes Düngemittel im Hochmoor ist, hat bereits Fleischer durch Versuche ermittelt. Wir können jetzt auch die Ursache hiefür angeben. Sie liegt in dem verhältnismäßig geringem Kalkgehalt und in der Anwesenheit von Gips im Superphosphat. Der Kalk wird aus dem löslichen Monocalciumphosphat und dem gleichfalls löslichen Gips vollkommen absorbiert, wodurch neben der freien Phosphorsäure noch erhebliche Mengen freier Schwefelsäure sich im Boden verbreiten und den Pflanzenkulturen verderblich werden. — Auch das Thomasmehl wirkt im Hochmoor schädlich, weil es leicht zersetzliche Sulfide enthält. Indem durch die Absorptionskraft der Sphagnen und des Moostorfes den Sulfiden das Metall (die Basis) entzogen wird, entsteht das bekannte Pflanzengift, der Schwefelwasserstoff, dessen Wirkung von verunglückten Moordammkulturen hinlänglich bekannt ist.¹⁾ Die Schädigungen, die das Thomasmehl im Hochmoor in den ersten Kulturjahren hervorruft, sind aus den Arbeiten der bayerischen Moorkultur-Anstalt bekannt.²⁾ In späteren Jahren, wenn sich durch Düngung basische Absorptionsverbindungen im Hochmoor gebildet haben, scheinen wenig oder keine Schädigungen durch Thomasmehl mehr aufzutreten. Auf die volle Wirksamkeit der Rohphosphate kann man nur in den ersten Kulturjahren, und zwar nur in ungekalktem Boden rechnen. Später, wenn sich die Absorptionskraft des Hochmoores vermindert hat, ist die volle Verwertung der Phosphorsäure fraglich. Eingehende Versuche hierüber wären noch durchzuführen. Das beste Phosphorsäuredüngungsmittel ist jedenfalls nach den zahlreichen Versuchen der bayerischen Moor-

¹⁾ Man braucht nur Thomasmehl mit Wasser und Moostorf kurze Zeit zu schütteln und kann dann sofort den entstehenden Schwefelwasserstoff durch den Geruch erkennen.

²⁾ Vgl. Heft 81 der Arbeiten der D. L.-G. 1903, S. 25 und 26.

kulturanstalt im Hoch- und Niedermoor das Woltersphosphat. Es ist dringend zu wünschen, daß es endlich in größeren Mengen und unter reelleren Bedingungen in den Handel kommt als bisher.¹⁾ Wahrscheinlich beruht seine Wirkung darauf, daß wegen der großen Menge von Basen (Kalk und Natron) hier überhaupt nur wenig oder gar keine freie Phosphorsäure gebildet wird. Gleichzeitig bewirkt es eine rasche Zersetzung der ursprünglichen Vegetation ohne Schädigungen, wie sie das Kalken hervorruft.

In bayerischen Hochmooren hat man die Nachteile der Kainitdüngung und Kalkung schon lange erkannt und die Hochmoorkultur demgemäß eingerichtet. Die Folge war, daß hier alle die Unannehmlichkeiten ausblieben, die man bei der „Deutschen Hochmoorkultur“ hat erfahren müssen. Es wurde kein starkes Schwinden der Ackerkrume beobachtet und es war nicht nötig, rohen Torf heraufzupflügen oder wieder zum Stalldünger zu greifen. Die Hochmoorgründe, die vor nunmehr 18 Jahren in Kultur genommen und ausschließlich mit künstlichen Düngemitteln bewirtschaftet worden sind, stehen heute noch in voller Fruchtbarkeit und die Versuche, die in vorliegender Abhandlung beschrieben worden sind, liefern jetzt auch die theoretische Begründung für die Richtigkeit des hier angewandten Düngungsverfahrens. Es ist trotz der starken Phosphatdüngung nicht teurer als das Kalkkünstdüngerverfahren, weil die kostspielige Kalkung wegfällt. Der größte Fehler der Hochmoorkultur ist, in den ersten Jahren an Kali und Phosphorsäure sparen zu wollen. Wir müssen den ungemein armen Boden so weit möglich gerade mit diesen Nährstoffen sättigen, damit die Pflanzenwurzeln überall die nötige Nahrung finden. Sättigen wir aber das Moor nur mit Kalk, so muß die ungleichmäßige und ungünstige Verteilung der Nährstoffe, die damit verbunden ist, Schädigungen der Kulturpflanzen unausbleiblich zur Folge haben.

Colloidechemie und Pflanzenphysiologie.

Die Colloidechemie lernt in der Zellhaut der Sphagnen einen Stoff kennen, der ein sehr hohes Absorptionsvermögen für Basen besitzt. Die Absorptionswirkungen organischer Emulsionscolloide treten darum hier mit einer Deutlichkeit in Erscheinung, daß sie leicht mit quantitativen Versuchen verfolgt werden können und wir dürfen wichtige Aufklärungen über die Absorption und über Pflanzenernährung erwarten, wenn sich einmal die Colloidechemie und Pflanzenphysiologie diese Zellhäute zum Studienobjekt erwählt.

Nur die starke Absorptionskraft der Sphagnumzellhäute machte es jetzt schon möglich, durch verhältnismäßig wenige Versuche einen unverkennbaren Zusammenhang zwischen Absorption, Diffusion und osmotischem Druck nachzuweisen. Dreimal unter vier

¹⁾ Der Gehalt an Phosphorsäure war regelmäßig um mehr Prozente höher angegeben, als die Analyse vorfand. Außerdem wurde das Phosphat in den letzten Jahren oft in zusammengebackenem Zustand und in zerrissenen Säcken geliefert.

Versuchen fand die Absorption der Grammäquivalente von Kalium und Natrium aus verdünnten Chloridlösungen bzw. die Abspaltung freier Salzsäure genau im Verhältnis der Diffusionsgeschwindigkeit der Hydrate statt. Diese verschiedene Diffusionsgeschwindigkeit kann also als Ursache der verschiedenen Absorption von Kalium und Natrium betrachtet werden. Ganz analoge Beobachtungen hat Pappadà bei Ausfällung (Coagulation) des colloiden Siliciumoxydhydrates (Kieselsäure) gemacht: Er fand durch qualitative Versuche, daß die Coagulationswirkung bei Kationen von der gleichen elektrischen Ladung nur von der Diffusionsgeschwindigkeit abhängt. Aber er hält die Diffusionsgeschwindigkeit (Wanderungsgeschwindigkeit?) der Ionen für maßgebend, was mit unseren Absorptionsversuchen nicht in Einklang gebracht werden kann.¹⁾

Jedenfalls finden bei Coagulation und Absorption analoge Vorgänge statt, die mit der Diffusion der Elektrolyte in einem deutlichen Zusammenhang stehen und auf einem Ausgleich elektrischer Ladungen beruhen müssen. Denn man hat wiederholt beobachtet, daß negative Colloide nach der Coagulation elektrisch neutral (isoelektrisch) sind.

Eine weitere Gesetzmäßigkeit hat sich bei der Absorption ein- und zweiwertiger Basen aus äquivalenten Acetatlösungen feststellen lassen. Hier wurden die Grammäquivalente von Kalium und Calcium im Verhältnis des osmotischen Druckes absorbiert. Die Mechanik dieses Vorganges aufzuklären, muß den berufenen Arbeitskräften auf dem Gebiete der physikalischen Chemie überlassen bleiben. Ref. erlaubt sich nur darauf hinzuweisen, daß die Salzlösungen durch die Zellhaut im Verhältnis des osmotischen Druckes diffundieren. Denn nur Lösungen von gleichem osmotischen Druck bringen die gleiche Wirkung am Protoplasten (die Plasmolyse) hervor. Kalium- und Calciumhydrat scheinen nun in ihrer Diffusionsgeschwindigkeit wenig voneinander abzuweichen, weil die Hydrate im Verhältnis des osmotischen Druckes ihrer Salzlösungen absorbiert worden sind. Eine sichere Feststellung wäre aber erst möglich, wenn über die Diffusion zweiwertiger Basen zuverlässige Untersuchungen vorliegen.

¹⁾ N. Pappadà, Colloid-Zeitschrift 4, 1909, S. 56 und 214. Auf die Wirkung der Diffusion bei der Coagulation hat früher schon H. Freundlich hingewiesen, Zeitschrift f. physik. Chemie, 44. Bd., S. 129 u. ff.

²⁾ Die Ionenbeweglichkeit des Kaliums (65,3) verhält sich zu der des Natriums (44,4) wie $\frac{65,3}{44,4} = 1,47$, während das Verhältnis der Diffusionsgeschwindigkeit der Hydrate nach S. 88 die Zahl 1,399 oder weniger ergibt.

Ein dunkler Punkt in der Absorptionslehre ist übrigens die Tatsache, daß die Absorption der Salzlösungen im Filtrierpapier, in der Kohle und in anderen negativen Colloiden gleichzeitig zu einer Abtrennung der Basis von der Säure, zu einer Absorption von Hydraten führt. Van Bemmelen¹⁾ nimmt an, daß solche Colloide die Fähigkeit haben, die Salze zu hydrolysieren und dann die Basen aufzunehmen, wobei aber noch unklar bleibt, auf welche Ursachen die Hydrolysierung und die Basenaufnahme zurückzuführen sind. Hierüber sucht Michaelis Aufschluß zu geben.²⁾ Michaelis glaubt, daß die Hydrolyse in jeder Salzlösung eintreten muß, wenn auch in sehr geringem Grade, weil jede wässrige Lösung freie OH-Jonen enthält, die das Wasser liefert. Die Absorption der Basis wäre dann nur mehr ein rein mechanischer Vorgang, dadurch hervorgerufen, daß die freie Basis schwerer löslich ist, als die Säure und die undissociierten Salzlösungen.

Die Theorie von Michaelis ist ungemein ansprechend, aber sie kann nicht erklären, warum die gleichen Colloide unter Umständen auch Säuren absorbieren; auch fragt es sich, ob Salzlösungen starker Basen mit starken Säuren (Chlorid-, Nitrat-, Sulfat-Lösungen) wirklich, wenn auch nur in sehr geringem Maß, hydrolytisch gespalten sind. Gerade die hydrolytische Dissociation solcher Lösungen, die wiederholt behauptet worden ist,³⁾ wird von den Vertretern der modernen physikalischen Chemie in Abrede gestellt oder als praktisch bedeutungslos angesehen. Es wird hier nur eine elektrolytische Dissociation angenommen. Nun sind bei der elektrolytischen Dissociation stark verdünnter Salzlösungen zwar die Bestandteile des Salzes vollständig in ihre Ionen zerfallen und diese haften auch sehr schwach aneinander, so daß man das schneller wandernde Ion an der Oberfläche der Lösung elektrisch leicht nachweisen kann.⁴⁾ Aber die

¹⁾ Vgl. Landw. Versuchstat., 35. Bd., 1888, S. 69 u. ff.

²⁾ Michaelis, Dynamik der Oberflächen. Dresden 1909, S. 72.

³⁾ Vgl. besonders Kurt Arndt, Über Neutralsalze, Zeitschrift f. anorg. Chemie 1901, 28, 364. Arndt nimmt an auf Grund von theoretischen Erwägungen, die durch Versuche über die Verseifung von Äthylacetat, Zuckerinversion und Biration der Glukose gestützt wurden, daß wässrige Lösungen von KCl, KNO₃, NaCl, NaNO₃ einen, wenn auch äußerst schwachen Überschuß von Wasserstoffionen besitzen, also wie eine äußerst schwache Säure wirken, während K₂SO₄ und Na₂SO₄ einen kleinen Überschuß von Hydroxyljonen enthalten, also die Wirkung einer äußerst schwachen Basis besitzen.

⁴⁾ Vgl. Arrhenius, Theorien der Chemie, Leipzig 1909, 186 und 204. Wenn man eine Lösung von Chlornatrium in einem zylindrischen Gefäß mit

Jonen tragen entgegengesetzte elektrische Ladung und üben deshalb auch im dissoziierten Zustand noch eine geringe elektrische Anziehung auf einander aus, die nur durch eine elektrische Kraft leicht überwunden werden könnte. Nach Arrhenius und Ramsay würde die denkbar kleinste elektrische Kraft zur Trennung der Jonen genügen.¹⁾ Geringe elektrische Kraftäußerungen sind aber gerade bei den Colloiden einwandfrei beobachtet und nachgewiesen. Negative Elektrizität zeigen ja schon neutrale Substanzen, wenn sie in fein verteiltem Zustand im Wasser suspendiert sind (s. S. 56). Erreichen die Teilchen einen Durchmesser von 0,01 mm, dann beginnt die Brownsche Molekularbewegung, welche die elektrische Spannung noch vergrößern muß. Auch in den Zellmembranen muß negative Elektrizität entstehen, wenn zwischen ihre Bestandteile eine Flüssigkeit eindringt (z. B. Wasser), die zu den Teilchen eine positive Ladung annimmt, und die elektrische Kraft wird um so größer werden, je größer die Gesamfläche der Membranteilchen ist, die von der Flüssigkeit umspült wird.

An der reinen, nicht mit absorbierten Basen übersetzten Zellhaut wirkt also negative Elektrizität und es müßten demgemäß hier dieselben Erscheinungen auftreten, die sich am negativen Pol bei der Elektrolyse von Salzlösungen beobachten lassen. Elektrolysiert man Salzlösungen der Alkalien und alkalischen Erden, so erscheinen am negativen Pol die Basen im freien Zustand; also müssen sich auch um die Teilchen der Zellhaut der Sphagnen die Hydrate der Alkalien und Erdalkalien sammeln. Sie werden dann wegen ihrer verhältnismäßig schweren Löslichkeit mechanisch absorbiert, diffundieren mit dem überschüssigen Wasser in die Zellhaut und von da in die Protoplasten, wo sie weiter verarbeitet werden. Denn auch die Plasmahaut ist, wie kürzlich Ruhland gezeigt hat, vorzüglich für basische Substanzen durchgängig.²⁾

Durch die Verarbeitung der alkalischen Stoffe innerhalb der lebenden Zelle verarmt die Zellhaut wieder an basischen Stoffen und gerade dadurch bleibt die elektrische Spannung erhalten und

Wasser überschichtet, so erscheint nach kurzer Zeit das Wasser oben negativ elektrisch, weil die Chlorjonen rascher wandern als die Natriumjonen. Überschichtet man Salzsäure mit Wasser, so muß in der Oberfläche positive Elektrizität auftreten, weil das H-Jon schneller wandert als das Chlorjon.

¹⁾ Vgl. Ramsay, Einleitung in das Studium der physik. Chemie, Leipzig 1908, S. 59. Arrhenius, Elektrochemie, Leipz. 1910, S. 108.

²⁾ W. Ruhland, Beiträge zur Kenntnis der Permeabilität der Plasmahaut. Jahrb. f. wissensch. Bot. 1908, 46, 1. Daß die Zellhaut und Plasmahaut auch starke Säuren leicht diffundieren lassen, erklärt sich aus der Umladung dieser Colloidsubstanzen durch H-Jonen.

die Zellhaut bleibt befähigt, ununterbrochen neue basische Stoffe nachzuliefern. Sie wirkt wie ein Katalysator, indem sie fortwährend aus dissociierten Salzlösungen Hydrate erzeugt und den lebenden Zellen zuführt. Ist aber das Bedürfnis an Basen gedeckt, dann hört die Diffusion auf; die Basen werden sich an der Zellhaut häufen und nicht allein die negative Elektrizität ausschalten, sondern schließlich — wie wir bei der Absorption des Eisenoxyds gesehen haben — die Zellhaut umladen, so daß nun auch den zur Ernährung nötigen Säuren der Zugang offen steht.

Wir gelangen auf diesem Weg zu einer neuen Anschauung über die Aufnahme der Nährstoffe durch die Sphagnen. Die alte ist ohnedies nicht mehr haltbar. Früher nahmen wir an, daß die Sphagnen die Säure nötig hätten, um die unlöslichen Nährstoffe aufzuschließen, die im Staub und Regenwasser in die Umgebung der Sphagnen gelangen.¹⁾ Heute wissen wir, daß keine irgend erheblichen Mengen freier organischer Säuren in den Sphagnen enthalten sind und daß die colloidale Zellhaut, die höchst wahrscheinlich die vermeintlichen Säurewirkungen hervorbringt, nicht im Stand ist, ungelöste Stoffe zu verarbeiten.²⁾ Außerdem dürfen wir aus unseren Untersuchungen schließen, daß die Abscheidung einer freien Säure eher schädlich als nützlich wirken müßte, weil freie Säuren die Basenabsorption beeinträchtigen und zwar um so mehr, je stärker sie sind (vergl. S. 102 ff.).

Dürfen wir nun annehmen, daß auch die höher organisierten Pflanzen sich die Nährstoffe in ähnlicher Weise aus den Bodenlösungen aneignen wie die Sphagnen? Diese Frage muß dem Pflanzenphysiologen zur Beantwortung überlassen bleiben. So viel ist gewiß, daß es auch die Gewächse mit ausgebildetem Wurzelsystem verstehen, die Oberfläche der Organe außerordentlich zu vergrößern, welche die Nährstoffaufnahme besorgen und damit die Oberfläche der Zellhäute, denen diese Funktion zunächst zukommt. Sind es bei den so einfach gebauten Sphagnen die Hyalinzellen, welche die Zellhaut der kleinen, lebenden Chlorophyllzellen um das vielfache vergrößern, so ist es bei den höher organisierten Pflanzen eine Anzahl feiner Wurzelhaare, die den Wurzeln eine vielfach größere Oberfläche verleihen. Das Prinzip ist hier wie dort das gleiche. Und wie wir bei den Sphagnen eine Säure vermuteten, die wir schließlich nicht

¹⁾ Vgl. H. Paul, Mitteil. d. k. bayer. Moorkulturanstalt Heft 2, S. 106 u. ff.

²⁾ Colloidale Stoffe in feinsten Verteilung können nach neueren Untersuchungen allmählich in andere Colloide, also vielleicht auch in die Zellhaut, diffundieren. Vgl. Wo. Ostwald, Grundr. d. Colloidchemie S. 207 (mit zahlr. Literaturangaben).

nachweisen konnten, sondern jetzt als die Tätigkeit der Zellhaut erkennen, so hat man auch seit langer Zeit eine Säureausscheidung durch die Wurzeln angenommen, aber noch niemals eine ausgeschiedene freie organische Säure fassen und bezeichnen können. Erst kürzlich haben wieder Stoklasa und Ernest und dann noch Aberson gezeigt, daß freie organische Säuren in den Wurzelsekreten nicht nachweisbar sind.¹⁾ Nur Kohlensäure tritt auf, und diese Säure ist wohl die einzige, die für die Nährstoffaufnahme auch wirklich förderlich wäre. Sie übt nicht allein starklösende Wirkungen auf ungelöste Nährstoffe des Bodens aus, sondern sie setzt auch der Absorption der Basen den geringsten Widerstand entgegen.

Höchst bemerkenswert ist, daß Stoklasa und Ernest mehrmals freien Wasserstoff an den Wurzeln auftreten sahen. Bei der Elektrolyse durch die Zellhaut müßte tatsächlich neben den freien Alkalien und Erdalkalien freier Wasserstoff entstehen. Freilich wird er in den meisten Fällen in statu nascendi zu „Sekundärreaktionen“ (Reduktionswirkungen) verbraucht werden und darum nur selten zur Beobachtung kommen. Auf die Anwesenheit naszierenden Wasserstoffes weisen auch die stark reduzierenden Wirkungen hin, die von uns bei der Absorption der Eisenoxydsalze an den Sphagnen festgestellt worden sind (s. S. 98). Ebenso sind Reduktionserscheinungen an Wurzeln höherer Gewächse seit langer Zeit bekannt. Von Sachs wurden sie zuerst an Permanganatlösungen beobachtet. (Landw. Versuchsst. 2. 1860. 21.)

Folgende Hypothese über die Aufnahme mineralischer Nährstoffe durch die Pflanzen wäre hiernach zu prüfen:

Die gequollene Zellhaut ist negativ elektrisch: sie zieht hiedurch die Kationen der dissociierten Salzlösungen an und verwandelt sie in Hydrate, die sich durch Diffusion in die Zellhaut begeben und von da an die Orte des Verbrauches geleitet werden. Gleichzeitig müssen Reduktionswirkungen eintreten, die von dem Wasserstoff dieser Elektrolyse herrühren. Nach Sättigung mit Basen oder durch H-Jonen findet eine elektrische Umladung der Zellhaut statt, die es ermöglicht, daß Säuren diffundieren können. Durch die Umladung wird also die Nährstoffaufnahme selbsttätig reguliert. Wurzelabscheidungen in Form organischer Säuren sind für die Nährstoffaufnahme nicht nötig, eher nachteilig.

Besonders anschaulich wird die Vorstellung über die elektrische Anziehung durch die Zellhaut, wenn man die neue Theorie über die Elektrizität zu Hilfe

¹⁾ Julius Stoklasa und Adolf Ernest, Beiträge zur Lösung der Frage der chemischen Natur des Wurzelsekrets. *Jahrb. f. wissensch. Bot.* 46, 1908, 55
Aberson, *ibid.* 47. 1909. 41.

nimmt (vgl. Ramsay, *Moderne Chemie*, Halle 1908, S. 53). Nach dieser Theorie gibt es nicht eine positive und negative Elektrizität, sondern nur eine Elektrizität, die man bisher die negative genannt hat. Sie ist ein Stoff, der von Elektronen gebildet wird. Da wo negative Elektrizität entsteht, da entwickeln sich die Elektronen. Körper, die positive Elektrizität zeigen, sind solche Körper, denen Elektronen fehlen und die sich mit Elektronen zu vereinigen suchen. In einer dissociierten Lösung von Kaliumsulfat sind also die SO_4 -Jonen mit Elektronen versehen, während die Kaliumjonen keine Elektronen besitzen. Werden nun an irgend einem Punkt (etwa an einem Colloid, in der colloidalen Zellhaut) Elektronen erzeugt, so werden die Kaliumjonen angezogen und nehmen Elektronen auf. Sie würden auf diese Weise metallisches Kalium bilden, das aber in der Lösung nicht bestehen kann, sondern sich sogleich mit Wasser zu Kaliumhydrat umsetzt. Es müssen also an negativen Colloiden stets Hydrate auftreten, die dann diffundieren und absorbiert werden, während die SO_4 -Jonen in der Lösung zurückbleiben und durch Sekundärreaktion mit dem Wasser unter Sauerstoffentwicklung Schwefelsäure bilden. (Bei sehr schwacher Elektronenentwicklung, also bei sehr schwachen elektrischen Strömen (unter 2 Volt) tritt aber selbst bei der Elektrolyse an Platinplatten kein freier Wasserstoff bzw. Sauerstoff auf.) In der lebenden Zellhaut findet wahrscheinlich nur eine schwache Elektronenbildung statt; so schwach sie aber auch sein mag, würde sie doch hinreichen, fortwährend Metalljonen anzuziehen und sie in Hydrate unzuwandeln, da die gebildeten Hydrate sofort weiter geleitet werden und im Pflanzenkörper in andere Verbindungen übergehen.

Die Wirkung der Elektrizität bei der Absorption durch neutrale Substanzen (besonders Cellulose) wird durch die neuen Untersuchungen von Jean Perrin bestätigt. Vgl. L. Pellet-Jolivet. *Die Theorie des Färbeprozesses*. Dresden 1910. S. 89 ff.

Anhang.

Analyse der zu den Versuchen benützten Sphagnen von Bernau und des Moostorfes von Triangel.

	Sphagnen von Bernau		Torf von Triangel	
Trockensubstanz	82,40	%	84,26	%
Rohasche der Trockensubstanz	2,162	"	1,131	"
Unlös. " " "	0,347	"	0,468	"
Reinasche " " "	1,815	"	0,663	"
CaO " " "	0,294	"	0,173	"
MgO " " "	0,161	"	0,136	"
K ₂ O " " "	0,635	"	0,010	"
Na ₂ O " " "	0,214	"	0,155	"
P ₂ O ₅ " " "	0,0906	"	0,0344	"
N " " "	0,807	"	0,775	"

Über die Torfmoore im Fichtelgebirg und ihre Verwertung.

Von Dr. Albert Schmidt in Wunsiedel.¹⁾

Inhalt.

	Seite
Über Umfang, Untergrund und Entstehung der Moore im Fichtelgebirge	157
Die Sumpfföhren innerhalb und außerhalb der Moore	162
Fichtelit und Reten	166
Über die Flora der Fichtelgebirgsmoore	168
Die Torfgewinnung und Torfverwertung einst und jetzt	172
Landwirtschaftliche Benützung	178

Auf der Karte zu seiner vorzüglichen, 1879 erschienenen, geognostischen Beschreibung des Fichtelgebirges war G ü m b e l sehr oft in der Lage, Torfkomplexe in größerer und kleinerer Ausdehnung eintragen zu müssen. Zahllose kleine, tümpelartige Erscheinungen mußten, als dem Maßstabe der Karte nicht entsprechend, weggelassen werden; viele solche fanden auch nicht Aufnahme, weil sie sich nicht mehr als Moore präsentieren. Friedrich Schmidt gibt in seiner Beschreibung der Torfmoore des Fichtelgebirges 1862, der einzigen vorhandenen neueren, gründlichen Bearbeitung der Verhältnisse, Seite 9 für die Fichtelgebirgs-Moore eine Tagwerkszahl von 1477 (= 502,32 ha) an, von denen 515 Tagwerk (172,23 ha) dem damaligen Forstamte Wunsiedel, 962 Tagwerk (330,09 ha) dem Forstamte Marktleuthen zufallen.²⁾

Diese Zahlen sind viel zu niedrig, denn wer die Verhältnisse innerhalb der in Betracht kommenden Silikatgesteine im Fichtelgebirge kennt, der weiß, daß weite Strecken, namentlich in der Nähe von Ortschaften, Moorland sind, die jetzt als blühende Wiesen mit veränderter, blumenreicher Vegetation und als trockene Felder sich darstellen, weil eine meterhohe Kulturschicht das Moor überdeckt und verschwinden machte. Aber dessen Einfluß bleibt; feine, feuchte,

¹⁾ Die vorliegenden Ausführungen, die Herr Dr. Schmidt freundlichst zur Verfügung stellte, werden bald ergänzt und weitergeführt werden können, nachdem die K. Moorkulturanstalt die Erforschung und Kultur der Fichtelgebirgsmoore seit 2 Jahren in Angriff genommen hat. D. Red.

²⁾ Nach Ratzel bedecken Moore überhaupt den 25. Teil Deutschlands.

auch nach warmen Sommertagen aufsteigende Nebel, die sehr viel zu den auffallenden Temperaturdifferenzen und den abendlichen starken Abkühlungen beitragen, welche auch im Hochsommer im Fichtelgebirge sich oft recht störend bemerkbar und den Aufenthalt im Freien am Abend unmöglich machen, verraten doch das Moor, das unter dem Grundstück lagert.

Bei dem Vorherrschen von Gneis und Granit und der Phyllite hat die Gesteinsverwitterung im Fichtelgebirge einen großartig zerstörenden Einfluß ausüben können, wie er in diesem Maße in anderen Gegenden selten zu beobachten ist; namentlich die erstgenannten Gesteinsarten, Gneis und Granit, erlagen oft mehr noch wie die phyllitischen deren Angriffen, besonders da, wo, wie in den Wunsiedler, Redwitzer und in dem berühmt gewordenen Münchberger Gneisgebieten,¹⁾ der Gneis als das feldspatreiche Gestein erscheint, das man in neuerer Zeit als durch dynamische Einwirkungen veränderten, schieferig gewordenen Granit ansieht.²⁾ Diese Zerstörung mußte die zahllosen Mulden und Einbuchtungen im Terrain schaffen, die man allenthalben antrifft und mit denen zunächst die vielen Bäche in Zusammenhang zu bringen sind, die jetzt noch und früher noch mehr die Landschaft belebten. Wo sich diese reichlich zufließenden Wasser anstauten, waren die Bedingungen zum Verrotfen in hervorragender Weise gegeben. Aber nicht immer ist das Erscheinen von solchen Torfmooren verständlich, namentlich wenn sie tief im Tale liegen, was bei den ausgedehntesten von ihnen der Fall ist. Früher nahm man, um das Entstehen der Moore überhaupt zu erklären, einen undurchlässigen, aus einer Tonschicht bestehenden Untergrund an. Diese Tonschicht sollte von der Gesteinsverwitterung, namentlich aus dem Zerfallen der Orthoklase herrühren. Sie fehlt aber sehr oft in den ausgebreiteten Fichtelgebirger Moor-Flächen. In den größeren Mooren vom Zeitelmoos bei Wunsiedel, das eine Fläche von 28,5 ha überdeckt, in dem der Torf bis zu 2 m Mächtigkeit ansteigt, findet man als Unterlage schönen, reinen Gneissand, während der Boden der interessantesten Fichtelgebirger Moorfläche, des verschwundenen, an der Wasserscheide zwischen Main und Nab in der Talmulde zwischen Ochsenkopf und Schneeberg gelegenen Fichtelsees, wenig angegriffenen, ungemein feldspatreichen Granit mit großen Orthoklasknauern erkennen läßt. Das Moos dieses ver-

¹⁾ G ü m b e l, „Geognostische Beschreibung des Fichtelgebirges“, 1879, S. 118 ff.

²⁾ Oberem t, „Der Gneiß von Vordorf bei Wunsiedel und seine Beziehungen zu den umliegenden Granitmassiven“. Inaug.-Dissert., Erlangen, 1905.

schwundenen Sees überdeckt eine Fläche von zunächst 185 Hektaren, an die sich durch eine schmale Erhebung ebenfalls granitischer Natur getrennt weitere Torfmassen von 7,22 und 23 Hektaren Ausdehnung und mehr gegen Süden solche in einer Ausdehnung von 27 und 25 Hektaren anlagern. Alles liegt auf einem Untergrunde, der trotz der Empfindlichkeit des Feldspates sehr wenig angegriffen ist, eine Erscheinung, die sich auch in dem 22 ha großen Moore der Häusellohe bei Selb und in dem tiefsten, aber am wenigsten bekannten, in den gräflich Castellischen Waldungen bei Ebnath gelegenen Moore des Hahnenfilzes beobachten läßt. Dieser umfaßt 47 ha, wovon 12 ha in Ausbeutung begriffen, 4 ha Wiesland und 31 ha mit Holz besteckt sind und liegt zum größten Teile auf Phyllit, während in der Häusellohe Granit mit derben pegmatitischen, recht wohl erhaltenen Einlagerungen zu beobachten ist. In dem Tale bei Weißenstadt, das die junge Eger durchfließt, am Südhange des die Richtung des Erzgebirges einschlagenden Waldsteines, liegt auf Granit das 18,4 ha große Moor der Torfmoorhölle (Hölle = Sumpf) mit 2 m Mächtigkeit, dann das „Gemöse“ mit 7 ha und 2,5 m Torfmasse. Aus dem Grunde des alten Weißenstädter Weihers, der zu dem 139 ha großen Torflager unmittelbar bei Weißenstadt gehört, ragen Granitfelsen. Der Weiher ist 1820 zum Nachteile seiner Umgebung austrocknet worden. Jenseits der Höhe zeigt am Rudolfstein der 14 ha füllende Moorgrund bei Meierhof die Stelle an, an der ebenfalls ein 1860 erst zum Austrocknen gebrachter seeartiger Weiher sich ausdehnte. Alle diese Moore zeigen nicht so den eisen-schüssigen Ton im Untergrund, den man, um ihre Entstehung zu erklären, vermuten sollte, sondern schönen Granit. Der Feldspat des Gesteins ist fast nicht verwittert, nur zeigt er sich, dadurch daß das Moor ihn seines unbedeutenden Eisengehaltes beraubte, weiß und gebleicht. Besser sind kleinere Tonmassen gerade da zu beobachten, wo sie weggeschwämmt worden sein sollten, an den Hängen der Berge und auf deren Höhe; denn die Moore steigen aufwärts und noch in der Höhe von 941 m zwischen Nußhardt- und Schneeberggipfel stoßen wir auf gut vertorfte Stellen. Es ist also mehr die Tektonik der Gegend (die Mulden), als ein zersetzter angeschwemmter Untergrund, der im Fichtelgebirg die Torfmoorbildung veranlaßt. Diese Mulden im Terrain halten das Wasser auf, oder, was noch wahrscheinlicher ist, man hat es mit früheren Seen zu tun, die als letzte Spur einer allerdings noch nicht bis zur Evidenz nachgewiesenen Glazialepoche anzusehen sind. Einer Erscheinung müssen wir bei dieser Gelegenheit gedenken, welche

den Mooren des Fichtelgebirges gleich wie denen des ihm geologisch engstverwandten Erzgebirges zukommt; es ist das Fehlen der Reste jeglichen tierischen und menschlichen Lebens. Es läßt sich kühn behaupten, daß Funde von Tierresten hier und dort zu den größten Seltenheiten gehören. Es ist z. B. ein gründliches Forschen nach dieser Richtung in der Seelohe, in deren unmittelbarsten Umgebung wahrscheinlich schon in vorhistorischer Zeit Zinnbergwerke betrieben wurden, gänzlich resultatlos geblieben. Menschen und Tiere scheinen die sumpfigen Stellen vollständig gemieden zu haben, auch dann, wenn sie sich auf der Flucht befanden. Anders ist es in den ausgedehnten, berühmt gewordenen Moorlagern in dem benachbarten Franzensbad bei Eger. Dort deckt man einen Pfahlbau nach dem andern auf; mildere klimatische und vor allem günstigere lokale Verhältnisse veranlaßten die Menschen das Moor zu besiedeln, und die dort von verständiger Hand geleiteten Grabungen liefern Funde, welche gerade, weil sie aus solcher Umgebung kommen, schon viel Interesse erregten. Die am gründlichsten durchforschte Flora des ehemaligen Fichtelsees, die Seelohe, zeigt Erscheinungen, die, wie wir sehen werden, mit großer Wahrscheinlichkeit darauf schließen lassen, daß man es mit eiszeitlichen Resten zu tun hat.

Bedenkt man die Größe der Moorflächen und dagegen die geringe Ausdehnung des Gebiets, den Umstand, daß viele Moore unter dem Baumgestrüpp im Walde und unter hohen Kulturschichten verschwinden, so wird man zu dem Schlusse kommen, daß das Fichtelgebirg im Verhältnis zu seiner Größe zu einer der ausgedehntesten Moorlandschaften gehört, die in Bezug auf Klima und Temperatur, auf Entwicklung der Vegetation, auf Quellen- und Wasserverhältnisse, auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft mehr unter dem Einflusse der Moore steht, als man bisher angenommen hat.

Die dortigen Torflager wird man sich wohl kaum anders als auf gewöhnliche Weise entstanden denken können. Auf dem Grunde der Mulden setzten sich zuerst in schmaler Schichte die Reste von Hydrophyten ab, von Convolvaceen, die natürlich nicht immer leicht mehr festzustellen sind. Allmählich machten sich in dem stagnierenden Wasser die schon höher entwickelten, perennierenden Sumpfpflanzen breit, Sparganium-Arten und Callitriche, die absterbend Verhältnisse schufen, welche gestatteten, daß die in dem kalkarmen Wasser gut gedeihenden, eigentlichen Moorbildner, die im Fichtelgebirge in zahlreichen Arten vorkommenden Torfmoose, die Sphagnen,¹⁾ ihren Einzug hielten. Damit ist dem stagnierenden

¹⁾ Schwab, „Die Torfmoos-Flora des Fichtelgebirges“. Denkschrift der k. bayer. bot. Gesellschaft. Neue Folge, 4. Bd., 1908.

Gewässer sein Ende bereitet. Es würde wenig Anklang finden, würden wir hier den bekannten Prozeß weiter beschreiben; erwähnt sei nur, daß die seichtgründigen und selteneren Grünlandsmoore im Fichtelgebirge nicht das Interesse bieten, wie die ausgedehnten und tiefen Hochmoore. Diese sind aus Moorwäldern hervorgegangen, die in den Sphagnummooren sich entwickelt haben. Noch jetzt wird man in den Torfstichen an vernachlässigte Waldungen erinnert, die auf dem feuchten Boden emporgewachsen sind.

Wie sich aus weniger angegriffenen Holzteilen erkennen läßt, ist es die Fichte, die in dem torfbildenden Walde am meisten sich breit macht, dann folgen Föhren, darunter die Sumpfföhren und zuletzt die Tanne. Dazwischen flog, wie jetzt noch, die Birke an (neben *Betula alba* die *Betula pubescens* Ehrh.) und hie und da taucht ein Weidenstrunk, seltener der Bruchwegdorn, *Rhamnus Frangula*, oder eine Haselnußstaude auf, deren abgefallene, jetzt kernlose Früchte den Torfprozeß gut überstanden haben und die sich immer wieder in der Torfmasse finden. An den früheren Quellen erschienen die Erlen in Nestern und Gruppen und es hat den Anschein, als hätte deren Laub zur Bildung des merkwürdigen Dopplerit hauptsächlich mit beigetragen, der in dem Moore des Fichtelsees vor Jahren gefunden wurde und öfter wohl auch deshalb übersehen worden ist, weil er als glänzend schwarze Masse sich nur schwer von der Torfmasse unterscheiden läßt. Allerdings ist er fettartig und glasglänzend und muschelrig im Bruche. Der Dopplerit vom Fichtensee verlor beim Trocknen 78,16 % Wasser. Ein in dieser Umgebung schwer verständlicher hoher Gehalt von Kalk, 72,6%, zeichnete seine Asche aus.¹⁾

Nun fuhr in dieses Bäumechaos der heute noch auf die Gegend einflußreiche Weststurm und warf Baum- über Baumgeschlechter übereinander, wodurch der Torfprozeß die denkbar günstigste Förderung erfuhr. Zäh mit zahllosen Maschen verfilzt ragen die Wurzeln der jetzigen Rasendecke (*Gramineen*, *Carex*-Arten, *Eriophorum* und *Calluna* etc.) in die Torfmasse hinein und verfallen dem Prozesse, welchen der untergegangene Wald schon durchgemacht hat. Es sind recht rezente Bildungen (vergleiche Seite 168) und die meterhohen Torfwände, wie sie neben vielen anderen Örtlichkeiten, der Hahnenfilz bei Ebnath, die Torfmoorhölle bei Weißenstadt, das Zeitelmoos bei Wunsiedel, vor allem

¹⁾ Wiesner, „Beiträge zur Kenntnis der Seekreide und des kalkigen Teichschlammes“. Verhandlg. d. physik.-medizin. Gesellsch. Würzburg, 26, 30. Erwähnenswert ist, daß für diesen Dopplerit die Formel $C_{12}H_{14}O_6$ aufgestellt wurde.

die Seelohe (der Fichtelsee) beim Ochsenkopf bieten, können uns über alle die beschriebenen Verhältnisse Auskunft geben.

Wir finden dort nicht nur auf die unteren Lagen beschränkt, sondern wahrscheinlich durch Erhebungen und Senkungen des Bodens hervorgerufen, den Lettentorf, der wenig beliebt war, weil er mit Lette, tonigen Bestandteilen und Erdteilen überreich versetzt ist und deshalb im Feuer als kaum glühender Klumpen zum Ärger der Hausfrauen liegen blieb, der nicht selten im Feuer verschlackte und als Schlacke in die Asche geworfen wurde; dann den Specktorf, den man wohl auch treffender mit dem Namen Pechtorf bezeichnete. In ihm erkennen wir das beste, gleichmäßigst vertorfte Material, von dessen mehr oder minder reichlichem Vorkommen der Wert des Torfstiches abhängt. Zu diesen beiden kommt noch die mit Moostorf oder Rasentorf bezeichnete Torfart, deren Namen schon ausdrückt, wie sie sich vorfindet und wie sie entstanden und zusammengesetzt ist. Der Specktorf rührt naturgemäß nicht allein von Holzmassen her, sondern es finden sich zwischen diesen noch die Reste vom Gestrüppe, von Gräsern, Moosen u. s. w., wie sich solche eben in dem versumpften Walde zwischen die gefallenen Bäume gedrängt haben werden, aber alles ist zu gleichmäßiger Masse umgebildet. Neben diesen drei Haupttorfarten kommen noch schwammige, faserige und sonst abweichende Torfarten vor, je nach der Natur der veränderten Pflanzen und ihrem Vertorfungsprozeß. Im allgemeinen hält man einen Torf für gut, der nicht über 7 % und für schlecht, der mehr als 20 % Asche- und Erdgehalt führt.

Aber zwischen der Torfmasse liegen oft recht zahlreich und den Stichbetrieb meist sehr unangenehm störend angegriffene Holzteile, meist Stücke von Ästen und von Wurzeln der Bäume; auch stehen gebliebene Baumstrünke. Wegen des hohen Harzgehaltes und der Festigkeit ihres Zellengewebes, oft auch infolge der örtlichen Verhältnisse konnten sie der Vertorfung ganz oder teilweise widerstehen. Zu diesen „Torfstöcken“ liefert die Föhre einen wesentlichen Teil. Warum dies der Fall ist, mag der moderne, mit dem vergangenen in engster Beziehung stehende, die Moore deckende Wald lehren. In diesem finden sich vereinzelt Reste von zwei schönen Kieferarten, Bäume mit dunkelgrüner, undurchsichtiger Krone, kurzen und dünnen Seitenästen, die aufwärts gekrümmt sind, wodurch die Pflanze ein eigenartiges Aussehen erhält, die stark an die Cypressen des Südens erinnert. Es sind die prächtigen Sumpfföhren, und zwar zwei Arten derselben, die *Pinus montana* var. *Mughus* Scap. und die *Pinus montana* var. *uncinata* Naum.,

die sich durch die Verschiedenheit ihrer Zapfen unterscheiden. Letztgenannte ist die häufigere. Merkwürdigerweise wurden sie lange wenig beachtet, weil sie wohl für die *Pinus silvestris* L. ge-



Abbildung 1.
Sumpfföhrenwald bei Fichtelberg.
(Oberstudienrat Dr. Kellermann phot.)

halten wurden, von denen sie sich eigentlich doch auf den ersten Blick unterscheiden. In der allerdings schon 1854 erschienenen

Verhältnissen¹⁾ vorkommen, deshalb länger aufgehalten, weil sie nicht nur für die Torflandschaft, sondern auch für das Moor selber wichtig werden. Das Holz der Sumpfföhre ist nicht nur sehr fest (und es ist zu verwundern, daß sich seiner die Technik nicht mehr annimmt), sondern auch sehr harzreich. Da das Harz antiseptisch und konservierend wirkt, sind es hauptsächlich ihre Reste, die als Torfstöcke im Torf angetroffen werden, weniger die der gemeinen Föhre und der Fichte.

Die Torfstöcke waren früher für die Torfgewinnung von Wichtigkeit, denn es gab, wie bei Wunsiedel, Torflager, in denen auf 6—8 Klafter²⁾ Torf schon 1 Klafter Stöcke kamen, was nach der Preislage in den 1880er Jahren ungefähr den achten Teil des Wertes ausmachen würde. Dieses alte Klafter Torf wurde mit zwei Gulden (3 Mk. 50 Pfg.) damals bezahlt, während das Klafter Torfstöcke mit 1 Gulden 42 Kreuzern gewertet wurde. Die Verhältnisse bei Selb waren ungünstiger, dagegen die an der Seelohe günstiger für das Vorkommen der Torfstöcke.

Kurz sei hier noch einer Erscheinung gedacht, welche auf die Sumpfföhren direkt zurückzuführen ist; ich meine das Auftreten der beiden Kohlenwasserstoffe Fichtelit und Reten auf den Torfstöcken der Fichtelgebirgs-Moore. Wir erwähnen diese beiden Körper nur, weil ihr Auftreten den hohen Harzgehalt der Sumpfföhren mit bestätigen hilft. Auf deren halbvertorften Ästen liegen perlmutterglänzende, paraffinartige, im frischen Zustand weiße, aber bald gelblich werdende Schüppchen und Blättchen, deren Löslichkeit in heißem Alkohol ihr Isolieren ermöglicht. Das ist der Fichtelit, der mit geringen Mengen von einem anderen Kohlenwasserstoff, dem Reten, öfters gemeinsam vorkommt. Der Fichtelit verdankt seinen Namen dem Umstand, daß er zuerst im Fichtelgebirge aufgefunden wurde.³⁾ Die Holzteile haben mitunter der Vertorfung so gut widerstanden, daß sie hart blieben und nur

¹⁾ Kellermann gibt a. a. O. eine interessante Beschreibung hoher Sumpfföhren aus der Gegend von Mantel in der Oberpfalz, vergl. Abbild. 2. Es mag interessant sein, zu wissen, daß, wie es der Perlmuschel möglich wird, ihrer kalkarmen Umgebung den geringen Kalkgehalt zu entziehen, dies auch den Sumpfföhren, wie der ihnen verwandten Legföhre gelingt.

S. Abhandlg. von Sendtner in den Annalen d. Physik. Chemie, Bd. 14, Hft. 2, S. 236.

²⁾ Das preußische Klafter, nach dem der Torf und die Torfstöcke verkauft wurden, war ein dachförmiges Lattengestell von 126 Kubikfuß (10,74 cbm), dessen untere Länge 10 (2,95 m), dessen Breite 5 (1,46 m), dessen obere Länge 1 (1,75 m) und die Höhe 5 bayer. Fuß hielt.

³⁾ S. Trommsdorff, Annal. d. Chemie u. Pharmazie, Bd. 21, 1837, S. 129.

durch ein lockeres Zellengefüge und durch etwas leichteres Gewicht erkennen ließen, daß der Verwesungsprozeß auch an sie herangetreten ist. 1841 hatte F. Fikenetscher, der den Fichtelit bei Rednitz zuerst beobachtet hatte, bei Gelegenheit einer Naturforscherversammlung zu Erlangen diesen vorgezeigt. Man hielt ihn anfänglich für Schnavrit, bestimmte als Schmelzpunkt 46° C, dagegen sprach aber die Eigenschaft der beiden Körper Fichtelit und Reten gegen Reagentien, namentlich gegen Oxydationsmittel sich indifferent zu verhalten und unverändert zu sublimieren.¹⁾ Hell setzte die Formel = $C_{13}H_{26}$ resp. $C_{15}H_{28}$ fest,²⁾ Hell und Bamberger³⁾ fanden als Dampfdichte 7,5 resp. 7,6 und als Kristallform $\infty P = 83^{\circ}$. Bei der Analyse des Fichtelits fanden

Startz	87,13 C	und	12,85 H
Hell	86,9 C	„	13,2 H
Bamberger	87 C	„	12,9 H ⁴⁾

Letzterer hat für das seltenere, aber unter analogen Verhältnissen vorkommende Reten, als dessen Entdecker Fritsche gilt,⁵⁾ die Formel $C_{18}H_{18}$ ⁶⁾ aufgestellt.

Professor Heinrich Mayr⁷⁾ hält die Bildung des Fichtelits an eine langsame und sehr feuchte Verwesung des Wurzelstockholzes gebunden und glaubt, sie auf chemische Veränderungen des Harzes und auf den Einfluß von Pilzen zurückführen zu müssen. Erscheint nach seiner Angabe eine Spalte im Holze, so kristallisiert das Harz in dieser aus.

Diese Kohlenwasserstoffe dürften Schlüsse in Bezug auf das Entstehen einiger Moordistrikte zulassen. Ihr Vorkommen ist keineswegs auf das Fichtelgebirge beschränkt. Fichtelit ist in den südbayerischen Torfmooren, auch in den Franzensbader Mooren, in der Schweiz u. s. w. entdeckt worden. Nun werden aber wohl nicht mit Unrecht die Sumpfföhren als aus einer Glazialepoche herübergerettete Erscheinungen angesehen und so dürfte das Vorkommen

¹⁾ Alb. Schmidt, „Über das Vorkommen von Fichtelit und Dopplerit“, Centralbl. f. Mineralogie etc., 1901, Nr. 17.

²⁾ C. Hell, Berichte der deutsch. chem. Gesellschaft., Jahrg. 12, Hft. 4, S. 498.

³⁾ Bamberger ebenda, Jahrg. 22, Hft. 5, S. 635.

⁴⁾ Annalen d. Chemie u. Pharmazie, Bd. 103, S. 236. — Spiegel, „Zur Frage der Konstitution des Fichtelits“, Ber. d. deutsch. chem. Gesellschaft., Jahrg. 12, Hft. 17, 1899, S. 3369.

⁵⁾ Journal f. prakt. Chemie, Bd. 82, S. 321.

⁶⁾ Berichte d. deutsch. chem. Gesellschaft., 1865, S. 81 u. 1884, 18, S. 1750.

⁷⁾ Mayr, „Das Harz der Nadelhölzer, seine Entstehung, Verteilung, Bedeutung und Gewinnung“, 1894, S. 92.

von Fichtelit mit dazu beitragen, sowohl auf das einstige, reichlichere Auftreten dieser Föhrenarten, als auch und hauptsächlich auf die Zeit der Entstehung gerade der ausgedehnteren der Moorflächen Schlüsse zu ermöglichen.

Die Flora der Fichtelgebirgs-Moore trägt nicht immer den Charakter der Moorflora. Viele Moore sind in Wiesen verwandelt, welche in den letzten zwanzig Jahren durch verständige Düngung, namentlich mit Kalk, den die neuerrichteten, den kristallinischen, schönen Fichtelgebirger Kalk ausnützenden Kalkwerke liefern, viel ertragsfähiger geworden sind wie früher. Wie wir berichteten, verloren ausgedehnte Gebiete dadurch ihren Moorcharakter, daß Jahrhunderte lang Erde und Stalldünger aufgeschüttet und das Torflager meterhoch überdeckt wurde. Viele derartige, namentlich die von den Ortschaften entfernt gelegenen Wiesen, deren Bewirtschaftung erschwert ist, haben jetzt den Charakter von Waldwiesen. Sie sind aber wegen ungenügender Düngung arm an guten Futterpflanzen und tragen an den Gräben noch stets die dem Moore zugehörigen, typischen Gewächse. Über die Flora, welche die ausgesprochene Moorlandschaft im Fichtelgebirge deckt, ist in der Flora des Fichtelgebirges von Meyer und Schmidt 1856, dann von Friedrich Schmidt: Die Torfmoore des Fichtelgebirges 1862, in der forstl. naturwissenschaftlichen Zeitschr. 1896 S. 62 und ff. von Dr. Ant. Baumann, in der zitierten Abhandlung von A. Schwab, in der Denkschrift d. k. bayer. bot. Gesellschaft, Neue Folge IV 1908 und im Führer durch das Fichtelgebirge von Alb. Schmidt S. 25 und ff. berichtet. Die Namen der Moorpflanzen hier nochmals zusammenzustellen, dürfte deshalb nicht nötig sein.

Von den Mooren bleibt die nun oft genannte Seelohe, der untergegangene Fichtelsee, die interessanteste Örtlichkeit, sie ist auch am besten durchforscht. Die Seelohe liegt in einer Einsattlung zwischen den beiden höchsten Erhebungen des Gebirges, dem Ochsenkopf und dem Schneeberg und kann recht wohl als eine aus der Eiszeit stammende Florainsel angesehen werden. Wir haben die Verhältnisse der dort vorkommenden Sumpfföhren des Eingehenden beschrieben. Erwähnen wollen wir noch von der dort vorkommenden Flora *Eriophorum vaginatum*, *Carex pulicaris*, *Car. pauciflora*, *C. Davalliana*, *C. limosa*, dann *Vaccinium uliginosum*, das überhaupt in dem Torf- und Ödland nicht selten ist; *Polygala depressum*, *Rhynchospora alba* und *Ledum palustre* waren dort bekannte Erscheinungen, sind aber, wohl durch den Torfbetrieb

vertrieben, augenblicklich verschwunden, dagegen haben sich *Andromeda polifolia* und *Empetrum nigrum* von deren Verschwinden in der Seelohe wiederholt gesprochen wurde, wieder auffinden lassen. Letzteres wird auch in Moordistrikten bei Fischern unweit Hohenberg an der Eger in ziemlich zahlreichen Exemplaren neuerdings wieder entdeckt. Häufig ist wohl in allen Mooren *Vaccinium oxycoccos* und *Drosera rotundifolia*, deren insektenfressende Eigenschaften gerade in der Seelohe Goethe bei einem Besuch des Ochsenkopfes am 29. Juni 1785 zuerst entdeckte.¹⁾

Die allmähliche Umwandlung des Fichtelsees in das Moor „Seelohe“ läßt sich aus historischen Nachrichten verfolgen.

Der Hofkaplan Friedrich des Siegreichen von der Pfalz, Mathias von Kemeth († 1446), beschreibt das jetzige Moor als See.²⁾ Der alte Historiograph des Gebietes Bruschius beschreibt³⁾ es sogar als einen fischreichen See 1592 und schilderte diesen als unglaublich tief. Hundert Jahre später kommt Pfarrer Millner dorthin und findet schon einen „geheimbten“, einen verborgenen See.⁴⁾ Im Jahre 1666 sinkt die Begleitung von Erdmuth Sophie, der Gemahlin des Markgrafen Georg Wilhelm von Bayreuth, in dem jetzt schon zum Moore gewordenen Gebiete lebensgefährlich ein. 1690 hat man dann im Süden des Moores einen tiefen Graben gezogen, da sei der „Sumpf“ mit großem Krachen zusammengefallen. 1702⁵⁾ findet der Pfarrer M. Groß von Bischofsgrün eine vollendete Moorlandschaft, über die 1713 der kundige Beschreiber des Fichtelgebirges Pachelbel mit Lebensgefahr hinübergeht, 80 Jahre später fand Professor Martius von Erlangen aber schon einen Weg mit Stangen über den alten Seegrund gelegt, über den dann schon 1799 Bauern mit Ochsenwagen gefahrlos hinüberfahren konnten.⁶⁾ Besser ist das rasch sich vollziehende Schicksal eines Sees und seine Umwandlung zu einem Torfmoore kaum zu studieren als beim Fichtelsee, über den man im Mittelalter überschwengliche Schilderungen veröffentlichte. Zur Umwandlung des Terrains half auch noch das Anzapfen des Sees mit, um für die Eisenwerke im nahen Dorfe Fichtelberg Wasser zu gewinnen. Jetzt ist die

¹⁾ Dr. F. Cohn, „Vorträge aus dem Gebiete der Botanik“, Breslau, 1898.

²⁾ Karl Hofmann, Quellen zur deutsch-bayer. Geschichte 1862.

³⁾ Kasp. Bruschius, „Gründl. Beschreibung des Fichtelgebirges“, 1592, S. 81.

⁴⁾ M. Joh. Millner, „Das deutsche Paradies in dem vortrefflichen Fichtelberg“, 1692.

⁵⁾ M. Groß, „Vier herrliche Trostströme vom Berg des Herrn fließend“, 1702.

⁶⁾ Siehe Archiv f. Gesch. u. Altertumskunde von Oberfranken, 1907.

Fläche dort feucht, wo die Moorwand noch steht, und trocken im Sonnenbrande, wo man den Torf ausgebeutet hat.¹⁾

Ähnliche Verhältnisse dürften auch auf den anderen größeren Mooren des Fichtelgebirges wie in der Hölle bei Weißenstadt und in den übrigen oft genannten bei Selb und Ebnath herrschen, deren Entstehung auch auf die gleichen Ursachen zurückzuführen sein möchte. Nur harren die letztgenannten Moorflächen noch gründlicher Erforschung, welche die verhältnismäßig günstigere Lage der Seelohe mit ihrer interessanten Umgebung in hohem Maße begünstigte. Die kleineren und namentlich die „überdeckten“ Moore kommen, wenn es gilt ein allgemeines Bild zu geben, kaum in Betracht; ihnen fehlt meist die charakteristische Flora und nur die Feuchtigkeit verursacht das Vorkommen von „saurem Heu“, von *Carex*-Arten (*Carex praecox*,²⁾ *C. remota*, *C. vesicaria*) und dergl. Der Moorcharakter manches Grundstückes, namentlich wenn es hochgelegen ist, verrät sich durch das massenhafte Auftreten von *Mastigobryum trilobatum*, das die humusen Ufer der Bergbäche zugleich mit *Sphagnum*-Arten einfaßt. Schreitet die Versumpfung weiter, so erscheinen bald dicke Polster von *Polytrichum commune* und *Sphagn. recurvum* und *squarrosum*.³⁾ Sonst ist die Moosflora der Hochmoore ziemlich entwickelt, aber außer *Sphagnum*-Arten, namentlich solchen wie *Sphagn. cuspidatum* und dem schon genannten *Polytrichum commune* tritt wenig mehr auf, die Tümpel pflegt *Hypnum exannulatum* zu füllen. In niederen, trockenen Lagen ist es das schöne Wollgras, das Wollblümchen *Eriophorum vaginatum* und *E. angustifolium*, das hauptsächlich den Moorgrund verrät.

Der braune Moorboden ist jetzt, wo der Torfbetrieb fast aufgehört hat, beinahe verschwunden, auf den Flächen mit ihrer sonst so charakteristischen Färbung ist überall ein magerer Grasbinsenwuchs eingezogen, namentlich *Juncus effusus* erscheint in Büscheln

¹⁾ Als merkwürdige, wenn auch streng genommen nicht hierher gehörige Tatsache sei erwähnt, daß mittelalterliche Geographen immer wieder verkündeten, daß aus dem Fichtelsee die vier Flüsse (Main, Eger, Nab und Saale), die im Fichtelgebirg entspringen, direkt herausströmen und nach vier Himmelsrichtungen das Gebiet verlassen. Wie sie sich dies erklären, ist wohl Rätsel geblieben.

²⁾ Dürfte kaum in dieser Umgebung vorkommen; überdies ist der Name *C. praecox* ohne Autorenbezeichnung eine unbestimmte Angabe, da sowohl *C. verna* Vill. als *C. Schreberi* Schrank. darunter verstanden werden können. D. Red.

³⁾ Siehe die Abhandlung von Prof. Dr. Neger (Tharandt) in dem Fichtelgebirges-Führer von Alb. Schmidt, 1907, S. 32 u. ff.

und niedlichen Gruppen, *Scirpus caespitosus* an trockenen Stellen,¹⁾ sowie die schon erwähnte *Drosera rotundifolia*, dann kommen auch wohl *Pedicularis palustris*, *Galium palustre* und *silvestre*, *Equisetum silvaticum*, *Potentilla Tormentilla* u. s. w. vor. Üppiger wird die Flora an Gräben, Quellen und feuchten Stellen, wo *Vaccinium oxycoccos* seine roten Früchte zeigt und *Caltha palustris*, *Valeriana dioica*, *Mentha sativa*, *Montia fontana*, *Sanguisorba officinalis*, *Viola palustris* u. s. w. vorkommen. Auf dem Wasser vereinzelter Quellen schwimmen *Callitriche stagnalis* und die grünen Punkte von *Lemna minor*. *Vaccinium*-Arten, mit Ausnahme von *V. oxycoccos*, Juniperusstauden können als Vorläufer für den kommenden, oft recht rasch einziehenden Wald angesehen werden.

Die eigentliche Moorlandschaft hat ihren eigenen Reiz. Meist ist es die große Einsamkeit, die über ihr liegt, die fesselt; die merkwürdigen Nebelbildungen, die nur zu oft und in allen Jahreszeiten dort zu beobachten sind, haben früher zu Märchen und Sagenbildungen Anlaß gegeben, nicht minder die noch wenig bekannte „Hellhörigkeit“ des Moores, welche wahrscheinlich durch die hohe Feuchtigkeit und die große Stille in der Runde begünstigt, Schallwirkungen verstärkt und vergrößert aufnehmen läßt. Die Wanderung durch das Moor bei Nacht hat entschieden wenig Anheimelndes; plötzliche, nicht unbedeutende Lichteffekte, welche wahrscheinlich durch Phosphorwasserstoff hervorgerufen oder durch Laternenlicht entzündetes Sumpfgas verursacht wurden, sind wiederholt im Zeitelmoos bei Wunsiedel, vielleicht auch anderswo beobachtet worden. Selbstverständlich ist das Sumpfgas in den stagnierenden, reich mit Organismen versetzten Wasseransammlungen keine Seltenheit. In kleineren, vermoorten Wassertümpeln innerhalb der prächtigen Granitfelsen der Luisenburg bei Wunsiedel entzündeten es jetzt die Führer und führen es den staunenden Reisenden vor. Das fließende Wasser aus den Gneis- und Granitunterlagen erscheint jedoch meist rein und klar, enthält im allgemeinen sehr wenig Bestandteile und nur sein aus den zerstörten Feldspaten herrührender Alkaligehalt ist relativ von Bedeutung. Der aber qualifiziert es wieder reichlich humose Stoffe beim Passieren der sumpfigen Stellen aufzunehmen und so mag der Umstand, daß die aus dem Granit- und Gneisgebiete kommenden Fichtelgebirger Flußläufe und manche Teiche, wie der Graßemanns-

¹⁾ *Scirpus caespitosus* ist bisher im Fichtelgebirge nicht gefunden worden: sein Fehlen galt als charakteristisch für das Gebiet, vergl. Drude, „Der herzynische Florenbezirk“. Möglicherweise liegt eine Verwechslung vor, da auch neuere Beobachter die Pflanze nicht angeben. D. Red.

teich am Ochsenkopf fast ausnahmslos braun, ja manchmal sogar schwarz gefärbt sind, mit als Beweis dafür dienen, daß die Gewässer weite Moorflächen unter allen Umständen durchdringen bis sie sich sammelnd zur Tiefe gelangen.

Die erste Torfstecherei ist von der preußischen Regierung in der Torfmoorhölle im Jahre 1794 eingerichtet worden. Der größte Teil des Fichtelgebirges gehörte zum Markgrafentum Bayreuth und war 1791 bis 1806 preußisch. Als die Regierung bestrebt war, den Konsum von Holz durch den vom Torf etwas zu beschränken, da traf sie bei der Bevölkerung auf den entschiedensten Widerstand. Diese behauptete, daß der Torf nie das Holz ersetzen könne, daß der Torf viel zu schmutzig wäre und daß er sich zu nichts anderem als zum Schnapsbrennen verwenden ließe. Es halfen auch Gewaltmaßregeln nichts, welche eine Zeitlang von der Forstbehörde versucht wurden. Man verlangte z. B., daß an die Bauern aus der Umgebung von Weißenstadt und Wunsiedel nur dann Holz abgegeben werden soll, wenn sie sich verpflichten, die Hälfte ihres Bedarfes mit Torf zu decken, ja einmal verlangte man bei Weißenstadt sogar, daß der Bedarf an Deputatholz, d. i. von Gerechtholz mit $\frac{2}{3}$ Holz und $\frac{1}{3}$ Torf gedeckt werden sollte. Noch im Jahre 1800 erhielten Leute, welche sich weigerten, Torf anzunehmen, einfach kein Holz aus dem Staatswalde. Man hoffte, daß wenn die Bauern Geld ausgegeben hätten, sie sich wenigstens zu Versuchen herbeiließen, aber sie fuhren den Torf ab und warfen ihn zunächst räsonierend hinter die Scheune; das geschah noch anfangs des 19. Jahrhunderts.¹⁾ Etwas mehr Verständnis kam, als im Jahr 1817 die bayerische Regierung in der Torfmoorhölle und Zeitelmoos größere Anlagen eröffnete und den Torf für billiges Geld abgab. Die Gegend war 1810 bayerisch geworden. Der bayerische Forstmeister Moser von Wunsiedel hat das Verdienst, in unermüdlicher Arbeit der Bevölkerung das Verständnis beigebracht zu haben, daß in Gestalt der schmutzigen Torflager doch ein Schatz in ihrem Boden liege. Mosers Arbeit im Wunsiedler-Weißenstädter Gebiete hatte auch Erfolg.²⁾ Zunächst ging das Staats-Ärar daran, Moorgründe zu verpachten und überwies den Kontrahenten eine Fläche zur Torfgewinnung zunächst auf drei Jahre. Es war dies eigentlich gleich

¹⁾ Ch. Mayer konnte bei seiner Schilderung der markgräfl. Bayreuther Verhältnisse zu Ende des 18. Jahrhunderts, „Hardenberg und seine Verwaltung der Fürstentümer Ansbach-Bayreuth“, der Torfgewinnung nicht einmal Erwähnung tun.

²⁾ S. H. C. Mosers Torfbetrieb und Torfbenutzung, Nürnberg 1840.

einem Verkaufe des vorhandenen Torfes an den Produzenten; der Betreffende konnte innerhalb der eingewiesenen Flächen Torf gewinnen so viel er wollte und so viel ihm möglich war und nach Verlauf der vereinbarten Zeit wurde der gewonnene Torf bezahlt. Das Terrain und der nicht gehobene Torf fielen an den Staat zurück. Es wurde nichts garantiert und um die Sache zu heben, auch nur eine geringe Rekognitionsgebühr erhoben. Im allgemeinen wurden immer 12 bayerische Tagwerke eingewiesen und dafür 50 Gulden (85 Mark) bezahlt. Flächen, um die Torfziegel auszubreiten und auszutrocknen, wurden mit überwiesen.

Außer diesen, auf einem Mutungsverhältnis beruhenden Betrieben, gab es aber noch etwa von 1830 an Staatsbetriebe im Zeitelmoos (den Königsstich), in der Torfmoorhölle, in der Häuselohle bei Selb und zum Betriebe der staatlichen Eisenwerke im Fichtelgebirg in der Seelohle; auch viele Private stachen Torf in kleinen Betrieben und auf ihren eigenen Grundstücken für ihren Bedarf oder für den der Gemeinde oder für die an Zahl zunehmenden Konsumenten; denn langsam hatte man sich in den Haushaltungen doch an den Torfkonsum gewöhnt, weil man in dem Torf den billigeren Ersatz für Holz mit nachhaltiger Heizkraft kennen und auch die stark alkalihaltige Asche als Düngemittel schätzen gelernt hatte. Noch vor wenigen Jahren wurde das Fuder Torfasche mit 3—4 Mark bezahlt. Es blieb Mosers Verdienst, die verschiedenen Manipulationen bei der Gewinnung, beim Trocknen und Verwerten des Torfes einer nicht immer ganz willfährigen Arbeiterschaft gelehrt zu haben. Die Stichmethoden waren von denen anderer Gegenden nicht verschieden. Man arbeitete mit den bekannten Stecheisen und mit schmalen, flachen Schaufeln, und wenn es sich lohnte, so benutzte man die sogenannten Torfmodel, viereckige Kästen, in die die Torfmasse eingepreßt, backsteinartig geformt und dann getrocknet wurde. Die Trockenmethoden veranlaßten verschiedene Experimente, der Staat ließ es an Versuchen nicht fehlen. Nach 1840 erbaute man mitten in die Torfstiche, z. B. in dem vom Staate betriebenen, dem Königsstich, im Zeitelmoos, in der Torfmoorhölle u. s. w. Trockenhäuser, die ein Trocknen an der Luft ermöglichen sollten und die ein bedachtes Lattengerüste vorstellten, wo nach Art des Trocknens der Backsteine in den Ziegeleien die Torfziegel eingelegt und der Zugluft ausgesetzt wurden. Die Anlage hatte den Vorteil, daß einfallender Regen nicht mehr schaden konnte und das Austrocknen doch rascher vorwärts ging, als wenn die Torfstücke in den sogenannten Kästen aufgebaut und getrocknet wurden. Es waren dies die auch ander-

wärts gebräuchlichen aus Torfziegeln aufgebauten, niederen Türmchen, die im Fichtelgebirge insofern nicht praktisch angelegt waren, als sie im allgemeinen zu nieder hergestellt wurden und sich dadurch schwerer von der Bodenfeuchtigkeit frei machen konnten. In der Torfmoorhölle bei Weißenstadt richtete man auch in den 1840er Jahren eine Dörrstube ein,¹⁾ eine größere Anlage, in welcher versucht wurde, den Torf rascher mittels künstlicher Wärme zum Trocknen zu bringen. Die Hitze, die man hervorbrachte, war etwa 25° C, eingeschichtet wurden etwa 20 000 Stück Torfziegel. Der Torf verlor, nachdem er in halbtrockenem Zustande eingelegt worden war, in 5½ Tagen 31,5 %, während der an der Luft getrocknete 18,4 % verlor. Man rechnete überhaupt im allgemeinen mit 12—20% Trockenverlust. Man hatte zwei Öfen aufgestellt, leitete mittelst eines sehr einfachen Röhrensystms die Luft durch den Raum und sorgte dafür, daß die Feuchtigkeit durch einen Kamin, der die Erneuerung der Luft mit besorgen mußte, abzog. Die Anlage war sehr einfach und da mit Torfabfällen geheizt wurde, natürlich auch sehr billig. Sie wurde an Einfachheit nur von einer anderen übertroffen, bei welcher man Öfen errichtete, die unter dem Namen der Zigeuneröfen in der Gegend früher bekannt waren und als Flachsdörröfen verwendet wurden. Es waren dies im abfallenden Terrain angelegte Gräben, mit unten einem Meter Durchmesser, welche mit einem etwa zwei Meter langen Kanale verbunden waren, der zum Heizen und zum Einleiten der Wärme diente. Vom Rande des Kanales an begann man die Grube mit Stangen zu überlegen, auf denen die Torfstücke abgelagert wurden (vergl. Abb. 3). Eine im

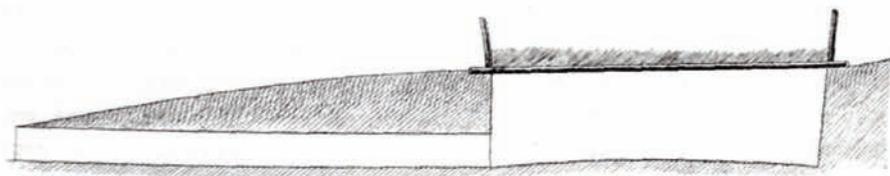


Abbildung 3.
Zigeuner-Dörröfen.

größeren Maßstabe ebenfalls in der Torfmoorhölle angelegte derartige Dörre hatte ungefähr 10 Quadratmeter und 4800 Torfstücke wurden in 4—5 Stunden in ihr getrocknet. Die Anlagen waren enorm einfach und nicht unpraktisch, warum sie sobald aufhörten und eingingen, ist mir unverständlich; schon in den 1850er Jahren, wo der Torf-

¹⁾ H. C. Moser, Torfbetrieb und Torfbenutzung aus eigenen Erfahrungen dargestellt 1840, S. 94.

betrieb so ziemlich in Blüte stand, wenn der Ausdruck zu gebrauchen ist, waren sie verschwunden. Sie sind auch als Flachs-dörröfen so bald verschwunden, daß sie der jetzigen Generation nicht mehr bekannt sind.

Auch in Hinsicht auf die Stichmethoden wurde experimentiert und in der Torfmoorhölle wurden Maschinen aufgestellt, die nach dem von dem damaligen Ministerialrat Weber erdachten System ausgeführt waren und die zugleich mit den dazu gehörigen Trockenhäusern 75 000 Mark kosteten. Der Torf wurde nicht gestochen, sondern *gegraben und dann in einen eisernen Zylinder* geworfen, wo er mittelst rotierender Messer zermalmt und dann in breiartiger Beschaffenheit wieder ausgestoßen wurde. Hierauf wurde die Torfmasse wie der Modeltorf in Formen gepreßt. Die festen, schönen und gleichmäßigen Stücke wurden zuerst im Freien und dann im Trockenhause getrocknet. Sie lieferten 1—2 % Asche. Von dieser Art zu trocknen ist man aber bald wieder abgekommen. Die Maschine lieferte in einer Minute 20—30 Stück Modeltorf. Es zeigte sich aber, daß *erstens die allzureichlich vorhandenen Torfstöcke (Holzteile) zu oft den Apparat schädigten und den Betrieb störten* und daß *zweitens die Sache viel zu teuer kam*. Deshalb unterlies man weitere kostspielige Maßnahmen und auch diese Anlagen, welche mittelst Dampfmaschinen betrieben worden sind, verschwanden. Erst in den 1880er Jahren wurde die Dampfmaschine um billiges Geld, die Schienen u. s. w. als altes Eisen verkauft. Der Schaden, welcher dem Ärar erwuchs, war zwar da, der Tadel, welcher in Abgeordnetenkreisen über die Anlage und über diese Art der Herstellung von Preßtorf ausgesprochen wurde, war aber nicht am Platze, denn Versuche mußten zu damaliger Zeit unter allen Umständen gemacht werden, wo man der Torfgewinnung eine größere Zukunft prophezeite, die allerdings nicht gekommen ist.

Auch in der Richtung des Experiments hatte Moser sich früher schon Verdienste erworben, indem er Öfen zum Kalk- und Ziegelbrennen mittelst Torffeuerung konstruierte und das Resultat seiner Arbeit durch eine Gerichtskommission bestätigen ließ.¹⁾ Diese fand alles recht vorteilhaft und schön, hat aber den Umstand übersehen, daß die Heizkraft der einzelnen Torfsorten sehr verschieden ist und daß unter Umständen bei größerem Konsum erdige Bestandteile störend wirken können. Einige Zahlen, welche aus dem Betriebe einer Ziegelei und Kalkbrennerei stammen, die in der Umgegend bei Bayreuth am Westhange des Ochsenkopfs

¹⁾ S. Moser a. a. O., S. 59.

gelegen war, mögen belehren. Man hatte 12—14 000 Backsteine, 7—8000 Ziegel und 350 Kubikfuß Kalksteine eingesetzt und verbrauchte 310—330 Zentner bituminösen Torf, dabei schürte man 3—3¹/₄ Tag und leichter moosiger Torf erschwerte das ruhige Brennen, indem er rasch aufflackerte und im Feuer aufging. Es bleibt aber immer erfreulich, zu sehen, wenn man den in dieser Richtung von 1817 bis etwa 1855 im Fichtelgebirg geschehenen Arbeiten nachgeht, wie man bestrebt war, dem Torf gute Seiten abzugewinnen und die Werte zu nutzen, die in ihm aufgespeichert sind. So wurden damals, wo im Gebirge die Eisengewinnung und -Verwertung in große Blüte stand, auch mit Torf beim Eisenhüttenbetriebe Versuche angestellt und mit Torfkohlen beim Arbeiten am Frischfeuer experimentiert; bei der Nagelschmiederei, in den damals zahlreich vorhandenen Drahtziehereien wurde versuchsweise mit Torffeuerung gearbeitet und dabei im allgemeinen festgestellt, daß der Torf die Holzkohle und das Holz ersetzen könnte. Aber um zu erkennen, wie weit dies möglich ist, hätte es selbstverständlich noch viel mehr und ausgedehnter Versuche und wohl auch sehr oft Änderungen der gewerblichen Anlagen bedurft. Dazu konnte man sich nur schwer verstehen und so ist es leider bei den immerhin nicht ohne Sachkenntnis und mit vielem guten Willen eingeleiteten Versuchen geblieben.

Etwas, was sich ganz und gar nicht entwickeln wollte, war die Verkohlung des Torfs, die in geschlossenen Öfen oder auch nach Art der Holzkohलगewinnung in Meilerhaufen (Gestäten) vorgenommen wurde. Bezüglich der Öfen wurden nur Versuche eingeleitet, bei denen es auch verblich. Man hatte eine Art Retorte benützt, wie solche beim Herstellen von Knochenkohlen in den damaligen Zuckerraffinerien Verwendung fanden. Bei dem Gewinnen mittelst Meilern erhielt man Resultate. Die Anlage war genau die des Holzmeilers, in der Mitte wurde der sogenannte Quandelpfahl aufgestellt, um den man in etwas geneigter Ebene, um aussickernder Flüssigkeit das Abfließen und dem Feuer besseren Zug zu ermöglichen, den Torf in konzentrischen Kreisen aufschichtete. Um das Niederschlagen der Dämpfe bei feuchtem Wetter unmöglich zu machen, wurde die Kohlstätte mit Prügelholz, das man mit Erde überdeckte, radienförmig überlegt. Vom Pfahl aus geschah das Anfeuern von unten her, sonst wurde genau wie bei der Gewinnung von Holzkohlen verfahren. Was aber Schwierigkeiten machte, das war die Abkühlung. Man hatte dabei mit der sonst sehr angenehmen Eigenschaft des Torfes, lange im Feuer zu liegen, zu rechnen und wußte sich anfangs nicht anders zu helfen, als daß man mit Wasser

löschte. Dadurch wurden die befeuchteten Torfkohlen aber mürbe und zum Teile unbrauchbar, weil sie zerbröckelten und zerfielen. Später gelang es Moser wieder, eine Methode zu finden,¹⁾ das gleichmäßige Abbrennen und Erlöschen des Meilers zu ermöglichen. Sie beruhte der Hauptsache nach darauf, daß das System der Schichte und Feuerzüge komplizierter wurde, indem man mit senkrechten Röhren, die ursprünglich konzentrischen verband und dadurch das Feuer mit einem Male ersticken konnte, sobald der Meiler fertig war. Moser erhielt bei der Verkohlung im geschlossenen Raum 40,5 %, bei der Meilerverkohlung nur 28 % (Gewichtsprozente) Torfkohle. Doch war das Produkt ungleichmäßig, weil der Torf aus dem gleichen Moor sehr verschieden zu sein pflegt. Das ungleichmäßige Material konnte eine gleichmäßige Behandlung nicht vertragen. Am günstigsten war das Verhältnis im Fichtelgebirge wieder in der Torfmoorhölle, wo man im allgemeinen 27,7 % Kohle erhielt, wobei zu berücksichtigen ist, daß dort die tiefsten und besten, vielleicht auch gleichmäßigsten Torflager waren.

So gut die Versuche mit der Verkohlung des Torfes gemeint waren, Fuß fassen vermochte die Torfkohle nicht, trotzdem Versuche mit ihr in der damals blühenden Eisenindustrie sehr gut ausgefallen waren. Die Holzkohle war damals doch nicht viel teurer, leichter zu behandeln und wohl auch müheloser zu gewinnen, ohne die vielen Verluste durch Verbröckelung, Abräumen u. s. w. Man sah also von dieser Art der Verwertung sehr bald ab und verlegte sich allgemein nur auf die Produktion von Brenntorf. In den Jahren 1807—1840 war der Preis für das Klafter Holz von ungefähr 8 Mark auf 17 Mark gestiegen, da wurden die Bauern, die damals kaum den dritten Teil von dem ernteten, was sie jetzt ernten, geneigter, sich des Torfes anzunehmen.

Wenn man überhaupt von einem Emporkommen der Torfnutzung reden kann, so hat diese ungefähr um das Jahr 1830 begonnen. Es hatte sich doch gezeigt, daß das unermüdliche Arbeiten und Experimentieren der Behörden von Nutzen und für die Bevölkerung von Vorteil war. Eine Zeitlang hatte z. B. die Forstbehörde in der Seelohe für die Bergbehörde, die im nahen Dorfe Fichtelberg eine Eisenhütte betrieb, Torf geliefert und zwar bis zum Jahr 1865, wobei ungefähr im Jahre 6—700 Klafter Torf gewonnen wurden. 1867 ging die Torfnutzung an die im Besitze des Kommerzienrates Lindner zu Fichtelberg befindliche Glashütte über und zwar wurden 9 ha Fläche auf 10 Jahre der Firma überlassen. Es gibt

¹⁾ Siehe Kunst- und Gewerbeblatt d. polytechn. Vereins f. d. Königreich Bayern, 1835, Nr. 10.

ein Bild von dem dortigen Torflager und von dem eingeleiteten Betriebe, wenn wir berichten, daß man auf das Gewinnen von 16 000 Klafter Torf auf dieser Fläche gerechnet hat. Es gab Jahrgänge, z. B. Ende der 1860er Jahre, in welchen das Forstamt Wunsiedel 3300—3400 Klafter gewonnenen Torf an anderer Stelle verrechnen konnte, bei dessen Gewinnung 5880 Gulden (rund 10 000 Mark) ausgegeben und 9416 Gulden (rund 16 000 Mark) gelöst wurden. Aber schon 1880 finden wir nur 100 Klafter verzeichnet, dessen Produktionskosten von 3000 Mark ein Gewinn von 1350 Mark gegenüber steht. Ein gleicher Rückgang ist aus den anderen Fichtelgebirger Forstämtern zu berichten, ebenso aus den vielen kleinen Privatbetrieben, welche nicht nur für eigene Zwecke Torf gewannen, sondern diesen auch zum Verkauf brachten. Später versuchte in der Häusellohe bei Selb eine Bayreuther Firma die Herstellung von Torfstreu. Dieser Betrieb hat sich bis zur Stunde rentiert und gehalten.

Dagegen ging die Brenntorfnutzung um das Jahr 1880 bedeutend zurück, hauptsächlich durch den Einfluß der Eisenbahnen, die vom Jahre 1877 als Hauptbahn von Eger nach Nürnberg und von Hof nach Weiden und später in einer Reihe sich folgender kleiner, ohne System erbauten Zweigbahnen in Betrieb gesetzt wurden. Sie brachten nicht nur die Kohlen, die bei einer fast fünfständigen Achsfracht über steile Berge hinweg früher kaum bezogen werden konnten, sondern waren auch die Ursache, daß die Torfarbeiter das Moor verließen und in den auflebenden Fabriken und namentlich in der ungemein aufblühenden Steinindustrie Arbeit suchten. Wurden im Jahre 1873 für das Herrichten eines Klafters verkaufsfähigen Torfes 1—1,20 Mark bezahlt, so schnellten die Löhne 1880 schon auf 2 Mark hinauf, um sich in den nächsten Jahren bis 3 Mark zu steigern; da war es mit den Betrieben für immer aus, denn dann konnte die Klafter nicht mehr wie üblich und wie das Publikum es wünschte, um 5 Mark verkauft werden. Auch Staatsbetriebe mit ihren maschinellen Vorrichtungen wurden aufgelassen.

Zum landwirtschaftlichen Betriebe wußte man die Torfmoore noch nicht zu verwerten. Wenn in dieser Hinsicht etwas geschehen soll, muß man erst die chemische Zusammensetzung des Bodens kennen. Es sind aber bis jetzt nur wenige Analysen vorhanden, die, alle schon vor 60 Jahren ausgeführt, wenig Zuverlässiges bieten. Dazu kommt, daß der Moorboden sehr verschieden ist. Zeitelmoostorf liefert 6—24 % Asche, während der aus der Torfmoorhölle nur 7 % im Durchschnitte, also 93 % brennbares Material lieferte.

Eine Analyse der Asche aus der Torfmoorhölle ergab folgende Resultate:¹⁾

Kali	1,2
Kalk	3,8
Magnesia	2,6
Thonerde	13,0
Eisenoxyd	34,8
Chlorcalcium	1,2
Calciumsulfat	3,3
Organische Reste	} 3,8
Kohle	
Erdige Bestandteile meist Quarz	37,3
Phosphorsäure: Spuren	

101,0 (Friedr. Schmidt.)

Auffallend ist dabei der leicht erklärliche hohe Tonerdegehalt, der nach der Lage wechselt. Hier sei noch erwähnt, daß früher Vivianit (Blaueisenerz) in den Mooren keine Seltenheit war. Allerdings fanden sich nur kleine, stark tonige Partien, in der Torfmoorhölle aber solche in Gestalt meterlanger und gegen 20 cm breiter Streifen, so daß man in Weißenstadt den unglückseligen Versuch machte, Haustüren und Läden damit anzustreichen.

Da der Torfstichbetrieb jetzt fast vollkommen ruht und auch für die Zukunft nur für die größeren Moorflächen in Betracht kommen könnte, wäre vor allem eine Umwandlung der Moore in gute Futterwiesen ins Auge zu fassen. Bei den vielen Wiesflächen, deren tiefer Untergrund Torf- und Moorland ist, ist nur dafür zu sorgen, daß sie so viel wie möglich dem Einflusse des letzteren entzogen werden. Die meisten davon sind nicht, wie es die Bauern häufig lieben, zu bewässern, sondern zu entwässern. Beim Bewässern wird viel zu wenig darauf geachtet, daß man es im Gebiete der Silikatgesteine meist mit sehr kaltem Wasser, das in der Regel von einer Durchschnittstemperatur von 6,2° zu sein pflegt, und vor allem mit einem sehr reinen, d. h. mit einem Wasser zu tun hat, das sehr wenig Pflanzennährstoffe gelöst enthält. Es ist dafür zu sorgen, daß andere Gräser einziehen, daß vor allem die allgemein festzustellende Armut der Torf- und Waldwiesen an Gräsern aufhört und daß viele Pflanzen, wie die weißen Fähnchen von *Eriophorum vaginatum* und *angustifolium*, die das Torfmland verraten, die *Carex*-Arten, die Polster des Sphagnums u. s. w. verschwinden.

¹⁾ Eine größere Anzahl von Analysen für landw. Zwecke wird der „Bericht über die Arbeiten der K. Moorkulturanstalt für das Jahr 1909“ bringen. D. Red.

Gut bewährt hat sich das Kompostieren von Torfabfällen, Abraum- und Torfstückabfällen u. s. w. mit recht viel Kalk; denn im allgemeinen fehlt es derartigen Wiesen nur an Nahrung. Freilich diese Arbeit kommt nicht billig zu stehen und manche für die Grasnutzung unbrauchbaren Pflanzen lassen sich überhaupt nur durch Umbruch der Narbe vertreiben.

Werden die besprochenen Waldwiesen vernachlässigt, so zieht, wie oft festzustellen war, im Fichtelgebirge der Wald mit erstaunlicher Schnelligkeit ein. Die gründlichen Arbeiten der Moorkulturanstalt in den allerletzten Jahren bei Kirchenlamitz und bei Kirchenlaibach, verständiges Anwenden passender Düngemittel (hauptsächlich Wolters-Phosphat und 40 %iges Kalisalz), haben so vorzügliche, geradezu erstaunlich günstige Resultate geliefert, daß sie, obgleich sie in pekuniärer Hinsicht ziemliche Opfer von den Besitzern der Grundstücke forderten, wohl auch in den Kreisen Nachahmung finden werden, in denen das Geldausgeben, auch zum eigenen Vorteile, nicht zu den Liebhabereien zu gehören pflegt.

Die Lagerung der Getreide.

Entstehung und Verhütung mit besonderer Berücksichtigung der Züchtung auf Standfestigkeit.

Von Geheimrat Professor Dr. C. Kraus in München,
Landwirtschaftliches Laboratorium und Versuchsfeld der kgl. techn. Hochschule in München und
kgl. Saatzuchtsanstalt in Weihenstephan.

Preis brosch. M 12.—, in Leinwand geb. M 13.—.

„Alle Landwirte, besonders aber die Getreidezüchter werden in dem trefflich ausgestatteten Buch einen Schatz wertvollster Darstellungen und Anregungen finden und allen, die sich wissenschaftlich mit den Fragen des Getreidebaues und der Getreidezüchtung zu beschäftigen haben, wird das Kraus'sche Werk unentbehrlich sein.“
Geheimrat Prof. Dr. Edler, Jena.

Die Gliederung des Gersten- u. Haferhalmes und deren Beziehungen zu den Fruchtständen.

Ein Beitrag zu den wissenschaftlichen Grundlagen der Pflanzenzüchtung.

Mit 18 Abbildungen.

Von Geheimrat Professor Dr. C. Kraus in München.
(Landwirtschaftliches Laboratorium und Versuchsfeld der kgl. techn. Hochschule in München und
kgl. Saatzuchtsanstalt in Weihenstephan.)

Preis broschiert M 5.50.

Theorie und Praxis der Pflanzenzüchtung.

Ein Leitfaden für praktische Landwirte und Studierende.

Von Dr. H. Lang,

Leiter der Groß. Badischen Saatzuchtsanstalt Hochburg.

Mit 47 Textabbildungen. Preis geb. M 4.50.

Pflanzenschutz, nach Monaten geordnet.

Eine Anleitung für Landwirte, Gärtner, Obstbaumzüchter u. s. w.

Von

Professor Dr. L. Hiltner,

Direktor der kgl. Agriturbotanischen Anstalt in München.

Mit 138 Abbildungen. Preis gebunden M 4.50.

Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Spezielle Ökologie der Blütenpflanzen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Von Prof. Dr. O. v. Kirchner-Hohenheim, Prof. Dr. E. Loew-Berlin und Prof. Dr. C. Schröter-Zürich.

Band I, Abteilung 1. Inhalt: Allgemeines, Gymnospermae, Typhaceae, Sparganiaceae, Potamogetonaceae, Najadaceae, Juncaginaceae, Allsmaceae, Butomaceae, Hydrocharitaceae. Bearbeitet von Ch. Flahault, H. Glück, P. Gräbner, O. v. Kirchner, E. Löw, M. Rikli, C. Schröter, T. W. Woodhead.

Mit 1111 Einzelabb. in 420 Figuren. Preis brosch. M 30.—, geb. M 33.—.

Ausführliche Prospekte über dieses von der gesamten Fachpresse mit größtem Beifall aufgenommene Werk stehen auf Wunsch gerne zur Verfügung.

Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Land-

wirtschaft.

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. Saat- und Versuchsanstalt in Weihenstephan, sowie der Kgl. Bayr. Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau in Neustadt a. d. S.

Herausgegeben von Dr. **Carl Freiherr von Tubeuf**, 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, 1908 und 1909 zum ermäßigten Preis von je M. 12.— zur Verfügung.

Fübling's 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 à 2—2½ Druckbogen. — Preis pro Quartal M. 3.—.

Die Jahrgänge 1900—1905 stehen zum ermäßigten Preis von je M. 6.—, die Jahrgänge 1906—1909 zu je M. 8.—, statt M. 12.— zur Verfügung.

Zeitschrift für

enkrankheiten.

Organ für die Gesamtinteressen des Pflanzenschutzes. Herausgegeben von Geh. Regierungsrat Professor Dr. **Paul Sorauer**. Erscheinen acht Hefte, je vier Druckbogen mit zahlreichen 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. und K. österr. Ackerbauministerium.

Jahrgang I—XIX, von welchen ein geringer Vorrat noch vorhanden ist, steht zu dem ermäßigten Preis von M. 240.— (statt M. 295.—) zur Verfügung.

Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz.

Organ der Kgl. Bayerischen agrikulturbotanischen Anstalt in München. Herausgegeben von Prof. Dr. **E. Hiltner**. Monatlich 1 Nummer mit 12 Seiten gr. 8°, mit zahlreichen Abbildungen. Preis für den Jahrgang M. 3.—.

Die Jahrgänge 1903—1909 stehen zum ermäßigten Preis von je M. 2.20 zur Verfügung.

Mitteilungen der K. Bayr. Moorkulturanstalt.

Herausgegeben von Professor Dr. **Baumann**, München. Näheres hierüber siehe Umschlagseite 2.

Deutsche Obstbauzeitung.

53. 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.

K. Hofbuchdruckerei Ungeheuer & Ulmer, Ludwigsburg.