Das Bofferdanger Moor.

Von **P. Schiltz,** Differdingen.

3ter Beitrag.

Im 1ten Beitrag (1) ließen wir das Bofferdanger Moor als eine Pflanzengemeinschaft von Moostorf, Schilf, Erlen, Weiden und Birken zurück. In folgenden Zeilen wollen wir uns bemühen, ein etwas vollständigeres Bild von denjenigen Pflanzen zu geben, welche Mooruntergrund zu ihrem Standort gewählt haben und aus diesem ihre Nährstoffe aufnehmen.

In Fig. 1 finden wir jene großen Pflanzengemeinschaften, welche in ihrer Gesamtheit das Moor kennzeichnen.

Gegen Süden und Norden: Arundinetum.

Gegen Osten und Westen: Cyperacetum.

In der Mitte: Sphagnetum.

Diese großen Pflanzengruppen beherbergen nun weitere typische Moorpflanzen: so finden wir z. B. im Cyperacetum-Ost (Fig. 4.) Heracleum Spondylium L., Scutellaria galericulata L., Iris Pseud-Acorus L., Holcus mollis L., Equisetum palustre L., Phragmites communis Trin., Juncus conglomeratus L. und J. effusus L., Potentilla tormentilla Schrk., Euphorbia stricta L., Lycopus europaeus L., Sium augustifolium L., Calamagrostis lanceolata Rth., Pimpinella magna L. var. dissecta.

Im Wasser, welches die durch Carex ampullaceae Good. gebildeten Bülten umspült, findet man in reichlichen Mengen Chara foetida A. Br.

Im Cyperacetum-West findet man im Gegensatz zum Cyperacetum-Ost im Carexbültenwasser neben Chara foetida A. Br. reichlich Utricularia vulgaris L., daneben noch Epilobium palustre L., Galium tricorne With. und G. palustre L.

Im Arundinetum Süd und Nord sind besonders hervorzuheben Eriophorum polystachium L., Knautia arvensis Coult. und der Strauch Salix Caprea L.

Das Sphagnetum gebildet durch Sphagnum acutifolium Ehrh. beherbergt in großen Mengen Drosera rotundifolia L., Comarum palustre L. und manchen Zweig von Polytrichum juniperinum Willd., welcher hier in fremder Umgebung wachsend nicht recht gedeiht.

Im Zentrum des Sphagnetums fällt eine kleine Insel von Eriophorum polystachium L. auf (Fig. 5.), für deren Entstehung an einer solch auffallenden Stelle wohl der nahe ehemalige noch nährsalzhaltige Entwässerungsgraben verantwortlich gemacht werden muß.

Die verschiedenen Mooraugen, welche bis zu acht an der Westgrenze des Sphagnetums auftreten, sind wahre Heimstätten von Utricularia vulgaris L. Diese schlanken, feingliedrigen Wasserpflanzen überziehen die Wasserflächen vollständig mit ihren leichten Gliedern, während die Fangarme ins Wasser tauchen, zum Raubfang bereit auf kleine Wasserinsekten und niedere Krebse, welche sich allzu leicht von dem Zucker und Schleim der die Falltüre umgebenden Borsten anlocken lassen.

Gleichfalls ist im alten Entwässerungsgraben ziemlich viel Utricularia vulgaris L. zu finden.

Da wir in Utricularia eine kalkliebende Pflanze vor uns haben, so fällt ihr Standort im Moore nicht besonders auf, sondern es deutet die Pflanze nur auf eine kalkreiche Nährlösung hin, welche Tatsache durch die Analyse des Cyperacetentorfes und durch die Härtebestimmungen des diesen Torf begleitenden Wassers als richtig befunden wird. Stellenweise sind die Mooraugen durchsetzt von den langen Rhizomen von Lysimachia vulgaris L., welche wie Würmer anmuten.

Die Ostgrenze des Sphagnetums bilden Gruppen von Betula verrucosa Ehrh., welche untermengt sind mit Betula pubescens Ehrh. und Gruppen von Alnus glutinosa Gaertn., Rhamnus Frangula L., Populus tremula L., Salix viminalis L., S. aurita L.

In der Birkengruppe (Fig. 6.) tritt aber noch bemerkenswerter Weise ein Horst von reinem Polytrichum juniperinum Willd. auf, welcher von Comarum palustre L. umkränzt ist.

Nicht vergessen soll werden auf die Ranunculusarten hinzuweisen, welche im Moore ihren Standort haben, und besonders sei Ranunculus tripartitus D. C. hervorgehoben, welcher vor Zeiten von verschiedenen Forschern am Westende des Moores aufgefunden wurde.

* * *

Nachdem wir uns so ein kleines Bild von dem Pflanzenbestand des Moores gemacht haben, suchen wir uns klar zu machen, weshalb die vorerwähnten Pflanzen sich an diesem Orte eingefunden und welche Bedingungen gegeben sein müssen, damit sie gedeihen können, da wir hier auf engem Raume sowohl nährstoffliebende wie ausgesprochen nährstoffscheue Pflanzen zusammengedrängt finden.

Tabelle I und II und besonders die beiden graphischen Darstellungen (Fig. 2 und 3) zeigen uns deutlich, daß der Gehalt an Nährsalzen rasch vom Rande zur Mitte des Moores hin abfällt.

Diese Tatsache verrät uns schon manches aus dem gestellten Problem.

Am Rande, wo noch ziemlich Nährsalze vorhanden sind, siedeln sich reichlich jene Pflanzen an, welche wir als nährsalzfreundliche ansehen, während in der Mitte des Moores jene Pflanzen sich zusammenfinden, welche ausgesprochen nährsalzscheu sind.

Doch nun stellt sich die andere Frage: Weshalb wechselt auf so engem Raume der Nährsalzgehalt so rasch, sind alle vorkommenden Salze gleich wichtig für den Aufbau der Pflanzen und können nicht einige vorkommende Elemente schädlich auf die Pflanzenorganismen einwirken?

Tabelle I belehrt uns, daß der Nährboden als Hauptbestandteile SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, SO_3 aufweist.

Nun sind wir in letzter Zeit durch eine größere Arbeit von Dr. Stoklasa (3) auf Al_2O_3 aufmerksam gemacht worden, welchem Körper, nach seinen Forschungen, in der Pflanzenbiologie eine viel grössere Bedeutung, besonders bei den Hydrophilen, zukommt, als bis dato angenommen wurde. Durch eingehende Versuche konnte Dr. Stoklasa feststellen, daß eine Konzentration von 0,0279 gr Fe pro Liter Nährlösung schon eine Reduktion der Bildung von Pflanzenmasse hervorrief und die Gegenwart von 0,335 gr Fe schon nach 15—21 Tagen den Tod derselben bedingte.

Waren jedoch 0,0135 gr Al neben 0,0279 gr Fe in der Nährlösung, so stieg die Produktion an Pflanzenmaterial im Vergleich zu einer normal ernährten Pflanze. Waren 0,0203 gr Al zugegen, so konnte selbst bei Gegenwart von 0,385 gr Fe ein höherer Ertrag an Pflanzenmasse konstatiert werden.

Die Gegenwart von Aluminium hob also die toxische, ja tötliche Wirkung des Fe-ions auf, und wandelte sie ins gerade Gegenteil um. Die giftige Wirkung von Ferro- und Ferri-ion auf die Pflanze studierte Stoklasa ebenfalls und kam zu folgender Schlußfolgerung:

Die Ferro- und Ferrisalze rufen in den Zellen des Wurzelsystems eine Plasmolyse hervor, welche durch die Gegenwart von Al aufgehoben wird, indem dieses im Zellsaft sich mit verschiedenen Körpern vereinigt und dann den Ferro- und Ferri- sowie Manganverbindungen den Eintritt in die Zellen verwehrt.

Die Versuche, welche Stoklasa zu vorheriger Schlußfolgerung führten, wurden mit Juncus effusus L., Scirpus silvaticus L., Carex riparia Curt., Rumex Acetosella L., Myosotis palustris Rth., Ranunculus fluitans Lmk., Oxalis Acetosella L., Caltha palustris L. etc. ausgeführt. Er konnte stets feststellen, daß, sobald Al in der Nährlösung fehlte, das Fe-ion seine toxische Wirkung auf die

Pflanzen in vollem Maße ausübte, und dieselben schon nach kurzer Zeit eingingen.

Da wir an Hand von Dr. Stoklasas Versuchen erörtert haben, daß dem Aluminium im Pflanzenleben eine bedeutsame Rolle zukommt, so interessiert auch die Form, in welcher das Aluminium mit Vorliebe von der Pflanze aufgenommen wird.

Weitere Versuche Stoklasas führten ihn zur Erkenntnis, daß das Aluminium nur in organischer wasserlöslicher Form vorliegt. Nun wissen wir durch eingehende Versuche von Jos. Hanus und O. Quadrat, (7) daß Al. und andere Metalle in organischer Verbindung mit mehrwertigen Alkoholen und Oxysäuren in wässeriger Lösung nicht durch OH', CO_3'' und PO_4'''-ionen fällbar sind. Außerdem stellten die genannten Autoren fest, daß, damit Nichtfällbarkeit der organischen Aluminiumverbindungen auftritt, außer Hydroxylgruppen auch Karboxylgruppen vorhanden sein müssen, und zwar wenigstens 2 COOH-Gruppen neben einer OH-Gruppe.

In der Form von Alkoholaten und als oxysaure Salze haben wir folglich das Al im Moorwasser zu suchen. In dieser Form übt es seinen wohltätigen Einfluß auf die vorherrschende Pflanzenwelt aus, und auch in dieser Form wird es durch das Moorwasser abgeführt.

Im Schlamme des Ausflusses finden wir 22,13 % Al_2O_3, während das Moor nur bis zu 11% aufweist; daraus ersehen wir, daß die Entwässerung einen großen Aluminiumverlust hervorruft, welcher wieder ausgeglichen werden muß, damit die Moorvegetation weiter gedeihen kann.

Dieser große Al-Verlust wird durch die Aufnahme von Aluminium aus dem Posidonienschiefer ersetzt, welcher als Sohle des Moores auftritt, wie wir schon gesehen haben, und welcher nach Angaben von Dr. G. Faber eine durchschnittliche Zusammensetzung von 46—57 % SiO_2, 16—19 % Al_2O_3 und 4—10 % Fe_2O_3 hat. Am Ausfluß, wo der Luftsauerstoff auf die schmale Rinne des abfließenden Wassers voll einwirken kann, und wo eine mächtige Entwicklung niederer Organismen alle nur möglichen organischen Verbindungen in ihr Zerstörungswerk einbezieht, werden auch die organischen Metallverbindungen zersetzt. Die organischen Reste dienen zum Aufbau dieser Organismenleiber, während die anorganischen Anteile niedergeschlagen werden.

Neben den 22,13 % Al_2O_3 zeigt die Analyse des Schlammes noch 55,66 % SiO_2 auf, während der Eisengehalt bis auf 8,96 % Fe_2O_3 gefallen ist. Weitaus der größte Teil des Eisens wird im Moore zurückgehalten, während die Tonerde, wie vorhin erwähnt, in wasserlöslicher organischer Form entführt wird. Nehmen wir

Abstand von der begleitenden organischen Substanz, so sehen wir in diesem Ausflußschlamm einen richtigen Kaolinisierungsprozeß sich abspielen.

* * *

Wenden wir uns nun den großen Pflanzengruppen zu:

In der Erle finden wir einen Baum, welcher in seiner Asche 76,75% CaO und in seinem Standboden einen solchen von 27,20% aufweist. Ramann (4) macht nun darauf aufmerksam, daß die Erle an ihren Wurzelhärchen Stickstoffbakterien trägt, welche den N in eine für die Pflanze assimilierbare Form überführen. Nun ist bekannt, daß diese Bakterienart für ihre volle Betätigung ein kalkreiches Medium nötig hat.

Aus diesem Grunde ersehen wir auch klar, weshalb die Erle jene Punkte des Moores inne hat, wo die Analyse einen größeren Kalkgehalt festgestellt hat. In Bezug auf die N-Bakterien unterscheiden wir aber solche, welche den N der Luft direkt assimilieren, die Azotobakterien und solche, welche die stickstoffhaltigen organischen Substanzen umwandeln und mineralisieren, nämlich die Ammonisations- und Nitrosationsbakterien. Diese verschiedenen Arten von Stickstoffbakterien können wir hier nebeneinander wirkend suchen, denn der Erlentorf ist wohl mit Wasser durchtränkt, aber nicht unter Wasser stehend, wodurch es der atmosphärischen Luft ermöglicht ist, bis in die Wurzelgegend der Erle vorzudringen und so die Lebensbedingungen für Azotobacter zu schaffen.

Das, mit 16,67 % in organischer wasserlöslicher Form, im Erlentorf vorkommende Eisen wirkt als kräftiger Katalysator auf die Mikroorganismenwelt ein und liefert den Betriebsstoff zu ihrem Gedeihen; hat es nun als solcher gedient, so wird es von den Kleinlebewesen in anorganischer Form ausgeschieden, und es lagert sich dann als ausgesprochener Feind der leichtlöslichen P_2O_5 mit dieser zu dem basischen Ferro-Ferriphosphat, dem sog. «Vivianit» um, welches Mineral in jedem Moore aufzufinden ist.

Bei der Birke zeigt sich, daß die Kalkaufnahme bis auf 35,10% gefallen ist, während die Aufnahme an Mangan, Phosphorsäure und Magnesie stark zugenommen hat.

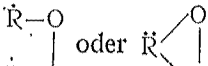
Besonders auffällig ist der hohe Mangangehalt, so daß man diesem Element in Bezug auf das Wachstum der Birke eine besondere stimulierende Wirkung zuschreiben muß.

Das Mangan spielt hier, im besondern stark ausgeprägt, wie das Eisen im ganzen Moorgebiet, eine große Rolle in photokatalytischer Hinsicht. Die Versuche C. Neubergs (6) über Photokatalyse, welchem Gebiet er seine besondere Aufmerksamkeit geschenkt hat, führten ihn zu folgender Schlußfolgerung:

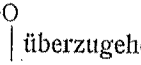
Die wichtigsten Bausteine der tierischen und pflanzlichen Organismen, die Zuckerarten, die Fette, die Eiweisskörper und die Extraktivstoffe sind an sich völlig unempfindlich gegen die natürlichen Strahlungseinflüsse.

Dieses Verhalten ändert sich sofort in charakteristischer Weise, wenn jene Körpersubstanzen bei Gegenwart von bestimmten Schwermetallsalzen vom Lichte getroffen werden. Sie werden dann mit einem Schlage in ausgeprägter Weise lichtempfindlich. Als Vermittler der Lichtenergie können Uranverbindungen, Mangansalze und, was besonders beachtenswert ist, alle Fe-Verbindungen dienen. Bei diesen photokatalytischen Reaktionen handelt es sich gewöhnlich um Oxydationsvorgänge, d. h., um Oxydationen des Ausgangsmaterials zu besonders reaktionsfähigen Stoffen, die teils durch eine einfache O-Aufnahme, teils durch Molekülverkleinerung gebildet werden.

Die Photokatalyse, von andern Autoren auch als Autoxydation bezeichnet, beruht darauf, daß das Schwermetallsalz, welches als Autoxydator wirkt, den Sauerstoff in der Form halb aufgespaltener Sauerstoffmoleküle aufnimmt, um in die Superoxydform



oder



überzugehen. Diese Superoxyde sind gleich H_2O_2 befähigt, ein O-Atom an die oxydabeln, abbaufähigen Substanzen abzugeben, wobei der Autoxydator selbst wieder reduziert wird.

Dieses Oxydations- und Reduktionsspiel, in unserm Fall durch das Mangan hervorgerufen, schafft jene Energiesumme, welche zum Aufbau der Pflanzenmasse in der Birke nötig ist. In diesem Prozeß liegt auch wohl die stimulierende Wirkung, welche Bertrand dem Mangan inbezug auf den Pflanzenwuchs zuschreibt. Denn werden größere Mengen höherer organischer Substanzen in kürzerer Zeit, unter dem Einfluß der durch die Lichtenergie katalytisch beschleunigten Oxydation abgebaut, so wird auch in der Zeiteinheit eine größere Aufbauenergiesumme erzeugt, welche sich in der Zunahme der Pflanzenmasse wiederspiegelt.

Bei Ausführung der Härtebestimmung des den Torf begleitenden Wassers fand ich die Angaben von Marie Voss (5) vollauf bestätigt, welche angibt, daß die Härte des Moorwassers vom Rande zur Mitte des Moores abnimmt. Es fällt nun aber bei Betrachtung der Analysendaten von Tabelle II und besonders bei der graphischen Darstellung (Fig. 3) auf, daß von einem bestimmten Punkte im Moore ab die Gesamthärte kleiner als die Karbonathärte ist. Diese scheinbare Anomalie läßt sich jedoch leicht erklären, wenn wir uns der Definition von Dr. L. Grünhut (8) für die vorübergehende, d. h. Karbonathärte bedienen: «Die vor-

«übergehende Härte ist derjenige Anteil der Erdalkaliionen, die «sich im Eindampfungsrückstand des Wassers als Erdalkalikar- «bonat vorfinden». Ist also ein Überschuß an freier CO_2 vorhanden, so scheint die Karbonathärte höher zu sein.

Ist die Karbonation-Konzentration kleiner als die Gesamthärte, so ist sie zugleich Maßzahl für die vorübergehende Härte; ist sie jedoch größer oder gleich der Gesamthärte, so ist die vorübergehende Härte gleich der Gesamthärte.

Der Überschuß der Karbonathärte über die Gesamthärte, welchen wir mit dem Minus-Zeichen versehen haben, deutet also in diesem Moorgebiet auf eine große Menge freier Kohlensäure hin; denn das sehr weiche Wasser besitzt nicht genügend Erdalkali, um die durch die Zersetzung der organischen Substanzen gebildete Kohlensäure zu binden oder, um in der Ionensprache zu reden, gemäß folgender Gleichung umzusetzen:

$$CO_2 + 2OH' \rightleftarrows CO_3'' + H_2O.$$

Diese Abnahme der Härte des Wassers korrespondiert nun, wie wir uns durch die beiden graphischen Aufzeichnungen überzeugen können, auch mit einer Abnahme der Nährsalze überhaupt.

Diese Tatsache läßt uns schlußfolgern, daß die ausflockende Wirkung des Kalkes auf die kolloidal gelösten Nährsalze es verhindert, daß ein Zustrom dieser Salze bis zur Mitte des Moores gelangen kann. Diesem Umstand ist es also zuzuschreiben, daß wir gleichsam wie auf einer Insel, in der Mitte des Moores den mächtigen Sphagnumrasen vorfinden, welche Pflanze, wie ja schon hervorgehoben, als nährstoffscheu anzusehen ist.

Ein weiterer Umstand, welcher den Gehalt an Nährsalzen herabmindert, ist durch Versuche von Dr. Stoklasa erhärtert worden. Er fand, daß die kolloiden Humusstoffe schützend auf die Fe- und Al-Kolloide eiwirken, daß aber andererseits Kalk hemmend auf die Bildung von kolloiden Humusstoffen einwirkt.

Diese Doppelwirkung werden wir im Grenzgebiet zwischen Arundinetum, Cyperacetum und Sphagnetum in unserem Moore vorfinden.

Der in größerer Menge in diesem Gebiet auftretende Kalk wird hemmend auf die Bildung von kolloiden Humusstoffen, mithin fördernd auf die Ausflockung von Al- und Fe-Kolloiden einwirken.

Diese Wechselwirkungen rufen wieder ein Ausfällen anderer Nährstoffe, z. B. der P_2O_5, hervor.

Wir finden also hier im Moore thermo-chemische, biologische, chemisch-kolloide und rein chemische Prozesse sich die Hand reichend, um jene Bedingungen zu schaffen, welche den angesiedelten Pflanzengemeinschaften es ermöglicht zu gedeihen und

sich zu entwickeln, bis jene Bedingungen erfüllt sind, wo auch die heutige Randflora vollständig unter dem Sphagnumtorf verschwunden ist.

* * *

Gegen Schluß des ersten Beitrages wurde gesagt, daß das Bofferdanger Moor als Zwischenmoor aufzufassen wäre. Es bestreitet nun aber im allgemeinen Dr. v. Bülow (2) in neuester Zeit die Richtigkeit der Bezeichnung von Zwischenmoortorfbildung und zwar folgendermaßen:

Im Zwischenmoor haben wir keine besondere Art von Torf anzunehmen, der sich zwischen Flachmoor- und Hochmoortorf einschaltet, sondern es ist nur ein floristischer Zustand, der sich sowohl auf totem Flachmoor wie auch auf totem Hochmoor und am Rande lebender Hochmoore dadurch entwickeln kann, daß die Pflanzengemeinschaften hier die Lebensbedingungen finden, die sie weder auf typischem Flachmoor noch auf lebendem Sphagnumhochmoor haben.

Diesem ablehnenden Satz von v. Bülow kann ich mich jedoch nicht anschließen, da vom chemischen und biologischen Standpunkte aus die Bezeichnung Zwischenmoortorf als Phase in der weiteren Torfentwickelung voll und ganz berechtigt ist, denn unter einem Zwischenmoor hat man ein Moor zu verstehen, bei dem der torfige Boden schon fest genug geworden ist, um hydrophilen Pflanzengemeinschaften, wie Erlen, Weiden, Birken und Sumpfkiefern die Ansiedlung zu ermöglichen, und in welchem die Nährstoffe des Wassers noch nicht soweit aufgebraucht resp. abgeführt sind, daß nur ausgesprochene Hochmoorpflanzen gedeihen könnten.

Da ein Torf nun aber gerade durch die ihn bildenden Pflanzen bestimmt wird und wir in unserer betrachteten Flora ein Mittelding zwischen Flachmoor- und Hochmoorflora haben, welche ganz bestimmte Bedingungen an die Nährlösung stellt, so müssen wir folgerichtig auch die Bezeichnung «Zwischenmoortorf» als eine Artbezeichnung gelten lassen.

Ich möchte nicht verfehlen, nach Abschluß dieser Zeilen, unserm hochverehrten Herrn Professor Dr. Edm. J. Klein für seine wertvolle Unterstützung bei Bestimmung der Moorpflanzen meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literatur:

(1) Monatsberichte der Ges. Luxbg. Naturfreunde, 1922.
(2) Sitzungsbericht der Deutsch. Geol. Ges., 1923, 10. Januar.
(3) Aluminium in der Natur. Dr. Stoklasa, 1922.

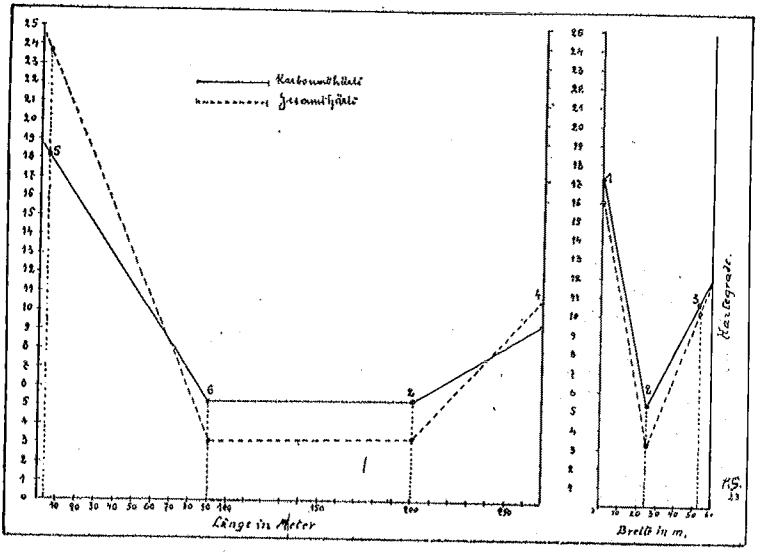


Fig. 3. — Härtediagramm.

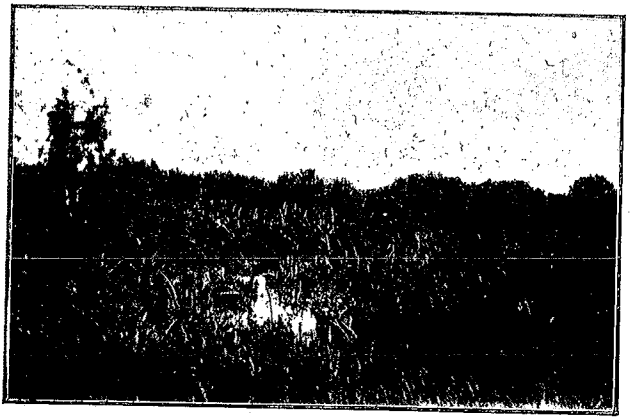


Fig. 4. — Cyperacetum-Ost.

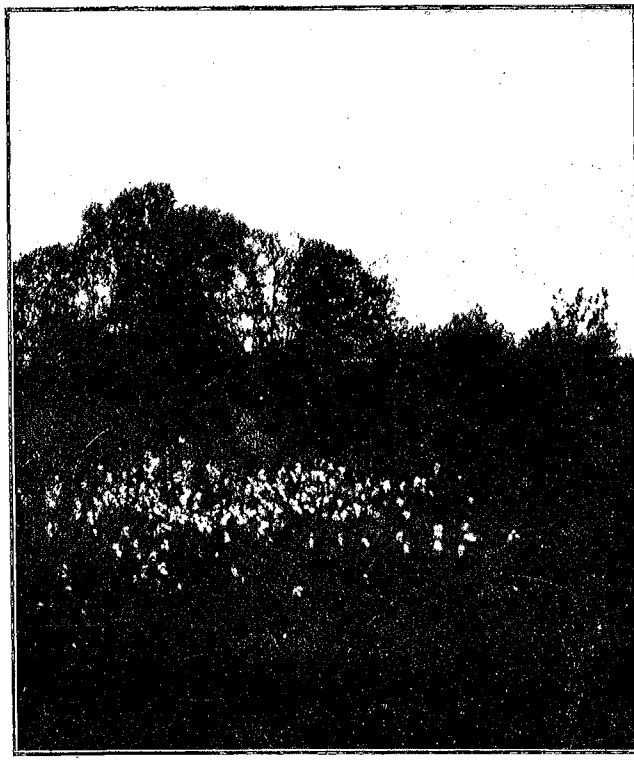


Fig. 5. — Eriophorum polystachium.



Fig. 6. — Birkengruppe.

(4) Bodenkunde. Ramann, 1911.
(5) Algenflora der Umgebung vom Greifswald. Marie Voss, 1915.
(6) Bad-Mondorf. Neue Untersuchungen und Erfahrungen, 1917.
(7) Zeitsch. d. anorg. Chemie. Bd. 63.
(8) Vorlesungen von Dr. L. Grünhut über chem. Technologie, 1912-13.
(9) Wasser und Abwasser. Ohlmüller und Spitta, 1921.
(10) Hydrologie. E. Prinz, 1919.

Bibliographie.

Die Beschädigung der Vegetation durch Rauchgase und Fabriksexhalationen, von Prof. *Dr. Julius Stoklasa.* — Erschienen bei Urban & Schwarzenberg, Berlin und Wien.

Das vorliegende Werk von Dr. Stoklasa weist im großen ganzen folgende Einteilung auf:

I. Wirkungen des SO_2" und der schwefligen Säure.
   A. Entstehung und Vorkommen von SO_2.
   B. Einfluß von SO_2 auf den Pflanzenorganismus im allgemeinen.
   C. Einfluß von SO_2 auf:
      a) die Transpiration der Pflanzen.
      b) die photosynthetische Assimilation der CO_2.
      c) den Abbau des Chlorophylls.
      d) das Protoplasma der Pflanzenzelle.
      e) die Atmung der Bakterien und Pflanzen.
      f) die chemischen und biologischen Verhältnisse des Bodens.

II. Wirkungen des Sulfations.
III. Einfluß des Selens.
IV. Bestimmungsmethoden.
V. Palliativmittel und gesetzliche Maßregeln gegen die Rauchschäden.

* * *

Die schweflige Säure, welche neben geringen Mengen von Schwefelsäure mit den Rauchgasen der Feuerungen entweicht, ist dasjenige Gas, welchem die toxischen Wirkungen der Abgase zuzuschreiben sind. Neben den feststehenden Feuerungen tragen auch die Eisenbahnen zur Vergiftung der Atmosphäre bei, was eine Berechnung von Thörner beweist, welcher feststellte, daß pro Fahrstunde einer Lokomotive 2,25—2,5 kg SO_2 erzeugt werden.