

## Zur Biocönose des Mooswaldes

Von VOSS und ZIEGENSPECK, Königsberg (Pr.)

Mit 12 Abbildungen

Bei der von uns veröffentlichten Arbeit (1) über den PH-Gehalt mehrerer Böden war auch eine Reihe nichttrockener, zum Teil sogar sehr feuchter, dicht mit Moosen bestandener Waldböden aus dem Groß-Raumer Forst bei Königsberg i. Pr. enthalten. Wir wollen, auf diese Arbeit verweisend, nunmehr die Besiedelung dieser Böden mit niederen und höheren Organismen besprechen.

Im Anfang unserer Betrachtungen möchten wir einige von WAKSMAN (2) ausgesprochene Gedankengänge kurz umreißen.

„Unter normalen Bodenverhältnissen arbeiten die Mikroorganismen in Gesellschaften und in einer zusammengesetzten Bevölkerung; einige Glieder dieser Bevölkerung richten die Nährstoffe für die Tätigkeit der anderen her oder verbrauchen die von anderen vorbereiteten Nährstoffe, die in ihrer Wechselfolge von anderen Organismen zersetzt werden können. Wenn man frisches organisches Material zum Boden fügt, wird es eine rasche Entwicklung gewisser Organismen wie der Fadenpilze und der sporenbildenden Bakterien hervorrufen, diese zersetzen gewisse Bestandteile des organischen Materials und werden bald von anderen Organismen, besonders von den Actinomyceten und nichtsporenbildenden Bakterien abgelöst, die einige der von den vorhergehenden gebildeten Abbauprodukten verwerten oder auch gewisse Bestandteile des organischen Materials angreifen, die von den vorhergehenden nicht angegriffen wurden, oder schließlich sogar die Zellen des vorhergehenden Organismus angreifen. Der neuen Organismengruppe können gar bald andere folgen, die die Produkte der zweiten Gruppe oder deren eigene Zellen verwerten wie bei den Protozoen, Nematoden usw.“

„Die Bodenbevölkerung ist dauernd in einem dynamischen Zustand. . . Wenn der Boden in ungestörtem Zustande ist, wird ein gewisser Ausgleich zwischen den Mikroorganismen selbst und ihrer Tätigkeit im Boden zustande kommen. Dies zeigt bloß an, daß unter einer gewissen Folge der umgebenden Bedingungen ohne die Zufuhr einer frischen Energieversorgung und ohne alle störenden

Faktoren nur ein gewisser Energiebetrag aus der organischen Bodensubstanz, die mehr oder weniger konstant in der Zusammensetzung geworden ist, in Freiheit gesetzt wird. Diese Energie ist gerade hinreichend, um eine gewisse Zahl von Organismen zu unterhalten; die qualitative Zusammensetzung derselben hängt von dem umgebenden Boden ab.“

„Die Methoden der mikrobiologischen Bodenforschung sollten einen nicht nur instand setzen, eine Organismenart zu isolieren und zu identifizieren und ihre Tätigkeit in Reinkultur zu studieren oder einen gewissen spezifischen Prozeß im Boden kennen zu lernen, sondern auch in erster Linie die eingeborene Bodenbevölkerung zu rekonstruieren und zu lernen, aus was sie besteht und wie sie tätig ist, wie gewisse Substanzen aus der kombinierten Tätigkeit dieser Bevölkerung hervorgehen und wie diese Tätigkeiten zu kontrollieren sind, damit sie einen fruchtbaren Boden hervorbringen.“

Wir sehen also, daß es mit dem Studium der höheren Pflanzen ebensowenig getan ist, wie mit dem Studium der Bakterien. Will man die Eigenart eines Bodens genauer kennen lernen, so muß man auch die Protozoën mit zu erfassen suchen.

Wir gingen von der Voraussetzung aus, daß Kulturmethode ihre großen Schattenseiten haben und beschränkten uns daher auf die direkte Untersuchung auf beschaltete Organismen. Es ist ja wohl richtig, daß diese nicht allein in Betracht kommen, aber die Bestimmung der unbeschalteten Mikroorganismen ist nicht so zuverlässig. Bei der direkten Bestimmung macht man sich auch von der jahreszeitlichen Folge unabhängig: man bekommt einen Durchschnitt durch die ganze Biocönose des Jahres, ja sogar mehrerer Jahre. Deshalb können wir auf diese Weise sehr viel aus der Lebensweise und von den Lebensbedingungen der Protozoën erfahren.

An dieser Stelle möchten wir vor allem Herrn Dr. STEINECKE danken, der für uns die Protozoën bestimmte und uns auf diesem wenig bekannten Gebiete mit Rat und Tat zur Seite stand.

Die Methode, nach der verfahren wurde, ähnelt der Bestimmung der Pollenkörner im Torf. Wir wollen sie kurz umreißen: Ein Viertel cem Trockensubstanz wurde mit 10%iger Kalilauge aufgeweicht; nach Zusatz von Glycerin wurde die Masse auf 15 Objektträger verteilt. Die Arten wurden mit dem Kreuztisch gezählt. Genaue Zahlen erhält man dadurch, daß man auf das Diaphragma des Okulars ein Glas legt, auf das ein Quadrat so eingeritzt ist,

daß es gerade das Gesichtsfeld mit den Ecken begrenzt. Die gefundenen Ergebnisse sind im folgenden wiedergegeben.

Wir gehen der Reihe der Böden nach vor.

Der erste Boden war ein Waldboden. Er entstammte einer Chauseeböschung. Das PH in Wasser war 4,2, in KCl-Lösung 3,8. Über den Bestand an höheren Pflanzen werden wir noch eingehend berichten. Die Stelle war der Sonne stark ausgesetzt. *Peltigera canina* war sehr reichlich vorhanden. Die Nitrifikation war gut. Wir fanden in diesem Boden die besten Ergebnisse von den fünf hier behandelten Bodentypen (3 mg Stickstoff in Form von Nitrit bzw. Nitrat. Doch sind diese Zahlen natürlich nur unter sich vergleichbar). Der Bestand an Moosen setzte sich aus folgenden zusammen: *Mnium punctatum*, *Catharinea undulata*, wenig *Polytrichum juniperinum*, *Hypnum triquetum*: von Lebermoosen fanden wir ebenfalls eine reichliche Anzahl, und zwar sowohl frondöse wie thallöse: *Blasia pusilla*, *Lophocolea* und *Lepidozia reptans*. Neben *Peltigera* fanden sich von Erdflechten einige Exemplare von *Cladonia*. Ihre Menge war jedoch gering.

Auffallend für diesen Boden ist seine Armut an Protozoën. Der Besatz mit diesen beschränkte sich auf zwei Arten: *Trinema lineare* Penard (55 Stück) und *Diffflugia lobostoma* Leidy (41). Der Boden besitzt ja auch keine gleichmäßige Moosbesiedelung, und nach STEINECKES Erfahrungen (3, 4) pflegen die meisten auf nicht ganz sauren Böden (wie dieser) vorkommenden Arten dieser Tiere an Waldmoose geknüpft zu sein. *Trinema lineare* kann auch auf Rasenmoore, *Diffflugia lobostoma* auf Zwischenmoore übergehen. Von den Arten SADOWSKYS (5), die in diesem PH-Bereich vorkommen sollen, ist *Nebela collaris* eigentlich zu erwarten, aber nicht gefunden worden. Diese soll den PH-Bereich 4,5—3,7 besiedeln. Wir möchten ausdrücklich bemerken, daß wir nur die obersten Schichten untersuchten. Der Untergrund würde sich speziell bei diesem Boden sicherlich ganz anders verhalten. Die Nitrifikation zeigt uns ja auch, daß der Boden an und für sich nicht schlecht arbeitet. Das Gelände ist erhaben und kann infolgedessen keine Nachwirkungen von Grundwasser zeigen.

Der zweite Boden gibt uns ein ganz anderes Bild. Gemäß seiner Herkunft unter einem dichten Rasen von *Polytrichum* an einer etwas tiefer gelegenen Stelle des Waldes, eines Fichtenhochwaldes, zeigte er schon bedeutend höhere Wasserstoffionenkonzentration. Die PH-Zahl betrug in Wasser 3,14, in normaler KCl-

Lösung 2,6. Wir können nach der Differenz also auf eine sehr hohe Austauschsäure schließen. Wie eben bemerkt, war das herrschende Moos *Polytrichum juniperinum*. Auf dem dicken Humus standen unmittelbar an derselben Stelle noch *Thuidium*, *Hypnum splendens*, *Hypnum cupressiforme* und *Dicranum scoparium*. Lebermoose waren auf diesem Boden keine vorhanden. Das Moospolster bedeckte den Boden lückenlos in weitem Umfange. Die Säuerung geht bereits an die Ausmaße eines Hochmoores heran. Dazu paßt gut, daß die Nitrifikation sozusagen fehlte. Die gefundenen Nitrifikationswerte bewegten sich zwischen 0,6 und 0,7 mg Stickstoff, also noch innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Versuchsfehler.

Die fehlende Nitrifikation ist ein ebenso wichtiger Fingerzeig für die fehlende Mineralisation der organischen Körper wie der hohe Humusgehalt. Die Bakterien, die auf die Gegenwart organischer Substanz angewiesen sind und Säure ertragen, werden sich daher im Boden leidlich vorfinden. Pilze sind ebenfalls sicher zugegen. Es wird sich daher für die Protozoën ein reicher Nährboden entwickeln können. Die Anzahl der niederen Tiere ist demnach schon ziemlich groß: *Diffflugia lobostoma* Leidy (10), *Diffflugia globulosa* Dujard. (74), *Diffflugia constricta* Ehrbg. (105), *Kelespora silvatica* Penard (40), *Phryganella hemisphaerica* Penard (28), *Trinema lineare* Penard (120).

Vergleichen wir die Gesamtzahl der gefundenen Schalen, so verhält sich die Anzahl dieser in dem ersten Boden und in dem zweiten etwa wie 1 zu 4,8. Wir werden dieses Zunehmen der Protozoën mit ansteigendem Humusgehalt und abnehmender Mineralisation auch noch weiterhin verfolgen können. Es macht den Eindruck, als ob sich eine große Menge von Humusstoffen in Form von Lebewesen im Boden vorfindet. Würden wir den Stickstoff in der Volumeinheit bestimmen, so würden wir ebenfalls einen großen absoluten Gehalt vorfinden, dagegen würde die Menge des mineralisierten und mineralisierbaren Stickstoffes viel kleiner sein. Die Anzahl der Protozoën gibt uns deshalb ein vorzügliches Mittel zur Hand, die Bindung der Kohlenstoff- und Stickstoffmenge im Boden an Lebewesen zu beurteilen. Diese Menge ist aus dem Bereich der Mineralisation herausgenommen. Wäre es ohne weiteres möglich, den Gehalt an Pilzmasse ebenso zu fassen wie die Protozoën, so würden wir ein ganz ähnliches Bild erhalten. Diese Mengen von Stickstoff sind der autotrophen Pflanze unzugänglich, zugänglich dagegen der mykotrophen.

Des weiteren müssen wir uns Rechenschaft geben über die Arten, die in den verschiedenen Bodenarten die führenden Typen stellen. In dem jetzt behandelten Boden können wir als solche bezeichnen: *Diffflugia constricta* mit 105 und *Trinema lineare* mit 120 Exemplaren. Das letztere Tier soll in Waldmoos und Rasenmoor vorkommen. Obwohl wir hier einen Boden vor uns haben, der die PH-Werte eines Hoch- oder Zwischenmoores aufweist, finden wir trotzdem diese Moosform. Daraus ersehen wir, daß nicht allein die Säure für das Vorkommen der einzelnen Arten maßgebend sein kann. Dagegen müssen wir einen großen Unterschied in der Art der Nahrung sehen. Das Sphagnetum hat mit seiner Sphagnol-Ausscheidung eine desinfizierende Kraft. Diese hält eine ganze Anzahl von Bakterien fern. Es ist hier eben, wie wir schon bezüglich der Mikroorganismen in einer früheren Arbeit feststellten, außer der Säuerung noch anderes wirksam, was wir in großen Zügen für jeden Organismus als individuell ansehen müssen.

Die andere herrschende Art: *Diffflugia constricta*, wird von PENARD als an *Sphagnum* und andere Moose geknüpft angegeben. STEINECKE fand sie nur in Zwischenmooren. Die Säuerung unseres Bodens hatte die dort maßgebenden Beträge.

Über die ebenfalls noch reichlich erscheinende *Diffflugia globulosa* (74 Exemplare) ist weiteres nicht bekannt.

Die sonstigen Arten sollen an Moose und Waldmoore gebunden sein, daneben geht noch *Diffflugia lobostoma* auf Zwischenmoore und *Phryganella hemisphaerica* auch auf Hochmoore über.

Einer der interessantesten Böden, die wir in bezug auf seine Zusammensetzung kennen lernten, ist der nächste Boden, der in seinem PH (in Wasser 3,36, in KCl 2,8) nur wenig von dem vorigen abweicht.

Der Boden III lag dicht neben einem Tümpel. Man darf infolge der Wasseransammlung annehmen, daß eine kräftige Einschwemmung aus höher gelegenen Schichten stattgefunden hatte. Die Nitrifikation war zwar niedrig, aber dennoch höher als bei dem vorigen Boden. Die Nitrifikationszahl war 3,0 mg. Wir werden nicht fehlgehen, wenn wir die Nitrifikation in den trockenen Jahreszeiten als höher annehmen. Dafür spricht schon der Bestand mit Brennessel, die eine ausgesprochene Nitratpflanze ist. Auch zeigte dieser Boden bei der Untersuchung ein ganz schlagartiges Einsetzen der Nitrifikation, was wir darauf zurückführen, daß nach einiger Zeit die anderen Lebewesen in dem von WAKSMAN ausgesprochenen Sinne die Hemmstoffe der *Nitrosomonas*-Arten beseitigt und ihnen das

Substrat so vorbereitet hatten. Im ganzen können wir annehmen, daß wir hier einen Boden vor uns haben, der in seiner Anlage sehr periodisch ist.

Frühling und Herbst werden den in ihm enthaltenen Lebewesen ganz andere Bedingungen stellen. Demnach finden wir hier eine sehr wechselreiche Vegetation und sehr verschiedene Protozoën.

Es handelt sich um den Boden eines Eichenmischwaldes, der nur sehr wenig mit Moosen bevölkert war. Nur wenige *Hypnum*-Pflänzchen und wenige Exemplare von *Catharinea undulata* waren vorhanden. Die Moose konnten also direkt keinen Einfluß ausüben. Dagegen muß man eine Einschwemmung von Moosstoffen und auch Lebewesen aus höher gelegenen Moospolstern annehmen.

Die Zahl der Protozoën ist hoch. Wir haben hier mehr als die zwölfwache Menge wie im ersten Boden. Ihre Zahl betrug 1171 gegen 477 im vorigen, gegen 96 im ersten Boden: *Diffflugia lobostoma* 156, *Diffflugia globulosa* 234, *Diffflugia constricta* 208, *Nebela militaris* PÉNARD 300, *Nebela collaris* Ehrbg. 45, *Kelespera petricola* Leidy 19, *Phryganella hemisphaerica* PÉNARD 75, *Englypha laevis* Perty 63, *Englypha alveolata* Dujardin 32, *Trinema conplanatum* PÉNARD 28 und *Trinema lineare* 11.

Die führenden Arten sind größtenteils „*Sphagnum*“-Formen. Dabei heben wir hervor, daß wir im weitesten Umkreise kein Exemplar von *Sphagnum* finden konnten. Besonders *Nebela militaris* soll nach PÉNARD (6) ganz ausschließlich an *Sphagnum*-Rasen geknüpft sein. Hierin sehen wir einen einwandfreien Beweis, daß es nur die Zahl und die Art der Bakterien ist, die die vorkommenden Arten der Protozoën bestimmen. Wir dürfen nicht vergessen, daß durch die Schalenuntersuchungen ebenso wie durch den Pflanzenbestand ein Durchschnitt durch das ganze Jahr gegeben ist. In diesem Boden haben wir fraglos eine Zeit vor uns, die ausgezeichnet ist durch den starken Gehalt an organischem, wenig abgebautem Material. Das, was die Sphagneten durch die desinfizierende Wirkung ihrer Ausscheidungen erreichen, besorgt hier der Zufluß aus höheren Bodenschichten.

*Diffflugia constricta*, die von PÉNARD und auch von STEINECKE als Zwischenmoor- und *Sphagnum*-Form bezeichnet wird, kommt ebenfalls in reichlichen Mengen hier vor. Dieses Tier soll daneben auch eine Moosform darstellen. Von diesen beiden Dingen ist hier das eine völlig unmöglich, da wir kein *Sphagnum* in weitem Umkreise haben, das andere möglich durch die indirekte Wirkung infolge Einschleppung.

Über *Diffflugia globulosa* ist leider nichts näheres bekannt, doch scheint auch diese Art die humusreichen Böden besonders zu lieben. Dabei kann man annehmen, daß diese ausnehmende Häufigkeit gerade auf diesem Boden uns die Gegenwart von leichter zu verarbeitenden Humusstoffen anzeigt.

Neben den besprochenen finden wir Arten, wie *Diffflugia lobostoma*, die auch in sehr mineralischen Böden erscheint. Sie soll besonders auf Zwischenmoore und Waldmoore gehen.

*Phryganella hemisphaerica* finden wir noch in mittlerer Menge, im Vergleich zu ihrem Vorkommen auf den anderen Böden hingegen noch sehr häufig (75). Wie diese Art (und auch *Diffflugia lobostoma*) zeigen, müssen also auch noch die Stoffe hier vorhanden sein, welche diesen beiden Tieren auf den mineralischen Nährböden als Unterhalt dienen. Das ist ja auch anzunehmen, da der Boden so periodisch ist und sogar Nitratpflanzen trägt.

*Nebella collaris*, von PÉNARD (6) als eine reine *Sphagnum*-Form bezeichnet, ist hier ebenfalls vorhanden, und zwar allein auf diesem von den ganzen fünf untersuchten Böden. Auch STEINECKE fand sie besonders auf Zwischenmoor und Hochmoor. Ihr PH-Bereich ist von SKADOWSKY (5) von 4,5—3,7 angegeben, unsere Zahl geht mit 3,36 etwas darüber.

*Trinema lineare* ist hier ziemlich selten. Wir fanden 11 Exemplare. Nach STEINECKE kommt sie auf Waldmooren und Zwischenmooren vor.

Die anderen vorkommenden Formen sind zumeist Zwischenmoor- und gelegentliche Hochmoorbesiedler.

Im Grunde genommen finden sich auf diesem Boden Vertreter aller Moorformen. Unter den höheren Pflanzen finden wir solche, die auf angesäuerten und auf guten Böden vorkommen. Hochmoor und extreme Rohhumusformen fehlen gänzlich. Der Boden hat eben in der Vegetationszeit der höheren Pflanzen keinen Hochmoorcharakter, dagegen wohl in der Zeit der Rhizopoden, wie uns die verschiedenen Arten zeigen.

Der nächste Boden lag in einem Kiefern-mischwald. Er war sehr feucht. Die Säuerung war ungemein stark (PH 2,41). Die vorkommenden Moose waren: *Dicranum undulatum*, das den Boden weithin in dichten Rasen bedeckte, *Hypnum splendens* und *Thuidium tamariscinum*.

Nur wenige Bodenforscher haben so extreme Werte bezüglich der Bodensäuren gefunden, wie wir sie hier haben. Die Werte verraten ja bereits aktive Säure. Charakteristischerweise war aber

nicht ein einziges *Sphagnum* in der Umgebung aufzutreiben. Solche kamen erst in etwa 30 m Entfernung. Auf den Bestand mit Moor-Ericaceen werden wir erst bei der Besprechung der höheren Pflanzen näher eingehen.

Es dürfte nunmehr interessant sein, wie sich die Salpeterbildung auf solchen Böden verhält. Selbstverständlich fanden wir im Zustande der Säuerung keine Spur einer solchen Erscheinung, da ja die Grenze für die Nitrifizierer bei  $\text{PH}_4$  liegt. Daß aber die Hemmung nicht nur in der Säure des Bodens zu suchen ist, sagt uns der Parallelversuch, den wir mit Abstumpfen der Säure durch Kalziumkarbonat angesetzt hatten. Auch hier wies der Boden ein völliges Unvermögen auf, die Wirkung der Nitrifizierer zur Geltung kommen zu lassen. Der Boden verhält sich so, als ob er geradezu mit einem Sterilisationsmittel gegen diese Organismen versetzt wäre.

Daß hingegen eine Bakterienflora vorhanden sein muß, dafür spricht das reichliche Vorkommen von Protozoën, die ja bekanntlich in ihrer Ernährung auf diese Lebewesen angewiesen sind. Die Anzahl der gefundenen Schalen hatte die große Höhe von 1104, ging also an die höchsten auf unseren Böden gefundenen Zahlen heran.

Wir wollen nach der Zahl der einzelnen gefundenen Lebewesen vorgehen; *Trinema lineare* führte mit 375 Exemplaren. Zwar ist gerade diese ein Organismus, den wir auf allen Böden fanden, nach STEINECKE soll sie aber die Hochmoore meiden — wir haben hier doch unbedingt eine hierfür in Frage kommende Säuerung — und nur auf Waldmoose und Rasenmoore gehen. Diese Bedingungen sind ja in unserem Falle gegeben, das Auftreten der Art zeigt aber doch, wie wenig eigentlich hierbei die Säuerung zu bedeuten hat. Die zweite sehr häufig gefundene Art, *Diffugia lucida* Pénard (160), ist nach PÉNARD eine ausgesprochene Moosform. Dem ist nicht zu widersprechen, wenn wir auch hier auf das obige Moment hinsichtlich der Bodensäure verweisen müssen. Über *Diffugia globulosa* (150) ist leider nichts näheres bekannt. *Assulina muscorum* Gräf (*Assulina minor* Pénard) kam von den fünf untersuchten Böden nur auf diesem vor. Die Art meidet nach STEINECKE nur das Rasenmoor, sonst geht sie sowohl auf Waldmoose wie auf Sphagneten über. Auch PÉNARD gelangte zu demselben Befund. *Phryganella hemisphaerica* Pénard (48) liebt nach beiden Autoren Waldmoose und das Hochmoor, in Waldmoosen und Zwischenmooren soll sie fehlen.

Daß auf einem solchen Boden, wie wir ihn hier haben, ganz eigenartige Verhältnisse herrschen, dafür gibt uns das Vorkommen

von *Kryptodifflugia oviformis* Pénard (65) einen Hinweis. Dies Protozoon kommt nämlich auch nur auf diesem Boden, aber hier in ziemlich reichlicher Menge vor. Wenn man bedenkt, daß Entfernungen für solche Lebewesen, deren Cysten durch den Wind verweht und die außerdem durch Tiere leicht übertragen werden können, keine Rolle spielen, so müßte man eigentlich annehmen, diese Form wenigstens in geringer Zahl auch an anderen Orten treffen zu müssen.

Ein Lebewesen mit weiten Lebensmöglichkeiten ist *Trinema enchelys* Ehrbg. (41). Es besiedelt Waldmoose, Rasen und Zwischenmoore. Bisher hatten wir es nicht gefunden. Denselben Lebensraum besitzt *Trinema conplanatum*. Ein Tier, das an diesen Standort gut paßt, ist *Centropyxis laevigata* Pénard, für das Moos und Zwischenmoor als Standort angegeben wird.

Eigentliche Hochmoorformen sind nur die 25 Exemplare von *Difflugia arcula*.

*Assulina seminulum*, die auch einen sehr weiten Lebensraum besitzt, wird von SKADOWKSY (5) für den PH-Bereich von 3,7 bis 3,8 angegeben. Merkwürdig ist allerdings, daß wir diese Art hier finden, wo die Säuerung so ungeheuer stark ist, nicht dagegen auf den Böden, deren PH-Bereiche diesem Organismus zugesprochen werden.

Will man ein gesamtes Urteil abgeben, so kann man zunächst hervorheben, daß sowohl Moosformen wie Zwischenmoorformen fehlen oder stark zurücktreten, daß dafür aber typische *Sphagnum*-Formen zugegen sind, wie etwa *Difflugia arcula*, *Diffl. lucida* und *Assulina seminulum*. Daneben fehlen aber auch wieder Formen, die, wie *Nebela militaris* und *Nebela collaris*, auf direkte *Sphagnum*-Rasen beschränkt sind.

Von ganz stenobiontischen Lebewesen ist das Rädertier *Callidina angusticollis* zu verzeichnen.

Für diese Erscheinungen können wir nur Lebensbedingungen wie Eigenart der Ernährung verantwortlich machen, die sich nicht allein durch die Wasserstoffionenkonzentration ausdrücken lassen. Wir möchten die Hemmwirkung auf die Bakterien in gewissen Moosstoffen suchen, die bestimmte Bakterienarten betreffen und damit auch die auf sie abgestimmten Protozoen. Nach all diesem können wir bei dem vorliegenden Boden schon auf etwas gleichmäßiger an Hochmoore anklingende Lebensbedingungen schließen. Auch die höheren Pflanzen sind typische Vertreter der Zwischen- und Hochmoorformen, wie wir später noch sehen werden. Der

Boden bewahrt diesen Charakter scheinbar das ganze Jahr hindurch gleichmäßiger.

Vollständig normal verhält sich das Moos des letzten Bodens. Der Boden stellte die oberste Schicht eines *Picea*-Hochwaldes dar, aus dem wir nur die allerreichsten Humusteile genommen hatten. Das PH dieses Bodens lag auch ziemlich hoch, in Wasser 3,5, in KCl 2,9. Wir haben also hier einen ziemlich schlecht gepufferten Boden vor uns.

Der Bestand des Bodens mit Moosen war sehr gering. Wir fanden nur einige schwache Stücke von *Polytrichum juniperinum*, daneben sehr wenig *Hypnum triquetum* und *Thuidium*.

Die Fauna des Substrates war wie bei den beiden vorherigen sehr wechsel- und zahlreich. Die Gesamtzahl der gefundenen Schalen war 1009.

Wie vorher gehen wir bei der Nennung der einzelnen Arten von der Zahl ihres Vorkommens aus.

Die weiteste Verbreitung hatte *Englypha laevis* Perty (180). Es ist dies eine Form, die hauptsächlich auf Waldmoose und Zwischenmoore geht. Der Säuerung und dem Bestande nach können wir den früheren Beobachtungen nur beipflichten. Eine große Zahl wies ebenfalls auf: *Diffugia lobostoma* Leidy (160), für die dasselbe gilt wie von der vorigen. Mit 145 Exemplaren trat *Diff. globulosa* Dujardin auf, über deren Vorkommen, wie oben gesagt, nichts näheres bekannt ist. Doch vermuten wir, daß sich ihre Verbreitung in gewissen Grenzen an den Humusgehalt des Bodens knüpft, da wir die Beobachtung machten, daß ihre Zahl — jedenfalls in unseren fünf Böden — mit dem Humusgehalt des Substrates anstieg. Nach dieser folgt *Phryganella hemisphaerica* Pénard mit 125 Exemplaren. Auch hier gilt das von den beiden erstgenannten Arten Gesagte.

*Diff. constricta* kommt mit 117 vor. STEINECKE bezeichnet sie als Zwischenmoorform, PÉNARD als Moos- und *Sphagnum*-Form. Diese Angaben dürften allerdings in unserem Boden nicht so ganz zutreffen. Wie auf allen anderen Böden, so finden wir auch hier wieder sehr häufig *Trinema lineare* (90).

Die übrigen, in nicht so großer Anzahl vorkommenden Protozoen werden von STEINECKE und PÉNARD übereinstimmend als Waldmoos-, Zwischenmoor- und Moosformen bezeichnet. Es sind folgende: *Diffugia urceolata* Carter (18), *Centropyxis laevigata* Pénard (15), *Kelespera silvatica* (65), *Trinema conplanatum* (jedes Substrat beziehend, 30) und *Trinema enchelys* (45).

Zum Schluß möchte ich noch eine Schale erwähnen, von der SKADOWSKY (5) den PH-Bereich festgestellt hat. Es ist dies die auch auf dem vorigen Boden vorkommende *Assulina seminulum*. SKADOWSKY gibt den Bereich an von 3,7—3,8. Die Standorte sind ja schon oben erwähnt. Wohl zeigen die genannten Standorte meist eine stärkere Säuerung, doch muß man wohl in diesem Falle diesen Bereich anerkennen. Außerdem ist der PH-Bereich wirklich etwas zu eng gegriffen, da ja schon ein einziger starker Regenguß die Wasserstoffionenkonzentration um 0,2—0,3 verändern kann.

Im ganzen kann man wohl sagen, daß dieser Boden uns bezüglich der Mikrofauna am wenigsten Überraschungen bereitet. Bis auf ganz wenige Stücke, die dazu nur in ganz geringer Anzahl vorkommen, haben wir immer nur die Waldmoostypen, die wir auf diesem Boden zweifellos erwarten müssen.

So kann man wohl sagen, daß dieser Boden sich ganz an die regelmäßigen Standortbedingungen der Protozoen hält.

Anders vorgehend, wollen wir einmal von den Lebewesen ausgehend feststellen, wo sie auf den einzelnen Substraten erscheinen. Wir halten uns dabei hauptsächlich an die, welche von STEINECKE (3, 4) und PÉNARD (6) als besonders eng begrenzt auf den einzelnen Lebensraum erscheinen, also an die Leitorganismen.

*Diffugia arcula* gilt nach beiden Autoren als eine reine *Sphagnum*- bzw. Hochmoorform. Sie erscheint bei uns einzig in dem extrem sauren Boden IV, obwohl auch die anderen Böden teilweise an die Ausmaße der Hochmoorsäuerung reichen.

Die beiden *Nebela*-Formen haben dieselbe Art der Lebensbedingungen. Das PH soll, wie oben ausgeführt, 4,5—3,7 betragen. Sie mieden die ganz sauren Böden, dagegen aber auch die, welche innerhalb ihres PH-Bereiches lagen. Ihr Vorkommen war auf den periodisch bewässerten Boden III beschränkt. An *Sphagnum* sollen diese beiden Arten unbedingt geknüpft sein, doch müssen wir immer wieder betonen, daß an unseren Standorten in weitem Umkreise kein *Sphagnum* zu finden war.

Weniger spezialisiert sollen nach beiden Autoren die nun folgenden Arten sein: *Kelespera petricola*. STEINECKE fand sie auf dem Hochmoor. PÉNARD hingegen gibt ihr zum Lebensraum das Sphagnetum, wie auch andere Moose. Wir fanden sie allein auf Boden III.

*Diffugia constricta* verhält sich nach PÉNARD gleich, STEINECKE fand sie auf Zwischenmooren. Sie gehört zu den reichsten Vorkommen auf den Böden II, III und V. Nach unseren Ergebnissen

ist es eine Moosform, die nur die allersauersten Böden meidet. Die Ergebnisse würden also hier ziemlich übereinstimmen.

Die beiden *Assulina*-Arten haben einen sehr breiten Lebensraum und kommen dennoch nur auf den beiden letzten Böden, dem extrem sauren und dem trockenen Fichtenwaldhumus, vor. Die nach der Literatur einen ganz breiten Lebensraum besitzende *Assulina muscorum* hat bei uns gerade den engsten Raum, sie kommt nur auf einem, und zwar auf dem ganz sauren Boden vor.

Ein Beispiel des anderen Extremis bietet uns *Kelespera silvatica*. Sie soll ganz ausschließlich an die gewöhnlichen Moose gebunden sein und *Sphagnum* meiden. Beide Autoren stimmen hierin überein, und auch unsre Ergebnisse zeigen dasselbe Resultat. Es sind beides Fichtenwälder, in denen wir sie gefunden haben. Der eine hatte allerdings sehr wenig Moos. Die Säuerung war in beiden Fällen ziemlich hoch, 3,14 und 3,5.

Die *Trinema*-Arten sollen *Sphagnum* fliehen oder doch nur wie *Trinema enchelys*, auf das Zwischenmoor gehen. Eine Beziehung zur Säuerung ist überhaupt nicht festzustellen. *Trinema lineare* ist reichlich überall vorhanden, sowohl auf den guten, wie besonders zahlreich auf den sauren Böden. *Trinema conplanatum*, die gerade auf den Mooren fehlen soll, ist ausgerechnet nur in den sehr sauren Böden von PH 2,14—3,5 zu finden. *Trinema enchelys*, die das weiteste Vorkommen hat, wurde von uns am wenigsten gesehen auf dem extrem sauren und dem V. Boden.

Wir wollen nicht noch einmal das ganze Bild entrollen. So viel dürfte aber aus den ganzen Untersuchungen hervorgehen, daß die Wasserstoffionenkonzentration lange nicht der einzige maßgebende Faktor für das Vorkommen der Lebewesen dieser Art ist. Es wiederholt sich genau dasselbe Bild, das wir früher bei den Untersuchungen über das Leben der Nitritbakterien erhalten haben. Auch diese werden durch ganz andere Momente mindestens ebenso beeinflußt wie durch die Säuerung. Das Ergebnis kann uns also nicht weiter wundernehmen, da ja die Protozoen durch die Art und Anzahl der Bakterien (ihre Nahrungsquelle) sicherlich am meisten beeinflußt werden.

Sehr interessant hingegen ist die Beziehung zwischen der Anzahl der Protozoen und der Nitrifikation. Sehen wir von dem periodischen Boden, den wir nicht als einen normalen bezeichnen können, ab, so dürfte wohl die Annahme viel für sich haben, daß dort, wo die Mineralisation lebhaft vor sich geht, die Protozoen zurücktreten. Da, wo der Humus sich anhäuft, kommen die Proto-

zoën reichlicher zum Vorschein. Es hat den Anschein, als ob in den obersten Schichten der Stickstoff und wohl auch ein großer Teil des Kohlenstoffs in diesen Böden größtenteils als lebendige Substanz vorhanden ist. Im Untergrund dagegen ist die organisierte Substanz als „fossile“ organische Substanz abgelagert.

Für *Azotobakter* hatten wir in der schon mehrfach erwähnten Arbeit früher dieselben Ergebnisse gefunden. Ist der Humusgehalt eines Bodens stark, so stehen die Bedingungen für ihn auch günstiger.

Nachdem wir bisher die Moose und die niedere Tierwelt dieser Böden studiert haben, wollen wir uns dem Bestande an höheren Pflanzen zuwenden.

Der erste Boden, der eine reichliche Nitrifikation aufwies und mit Flechten eutropher Natur bewachsen war, trug ein Gemenge von verschiedenartigen höheren Pflanzen.

*Dactylis glomerata* war das einzige echte Gras. Von ähnlichem Wuchs ist *Luzula pilosa*, die mit ihren seichten Wurzeln vornehmlich die Oberschicht des Bodens ausnutzt. Ähnlich gestaltet ist auch *Oxalis acetosella*, ein Gewächs, das einen sehr weiten Lebensraum besitzt. Von Gewächsen, die besonders Nitrate bevorzugen, war vorhanden *Fragaria vesca*, *Veronica officinalis*, *Glechoma hederacea* und *Solidago Virgaurea*. Diese sind zwar keine typischen Nitratgewächse, können aber wohl das Nitrat besonders gut verarbeiten. Daneben finden wir Gewächse, die, wenn auch nicht unbedingt obligat, so doch hochgradig auf die Mykotrophie angewiesen sind, wie: *Vaccinium Myrtillus*, *Majanthemum bifolium*. Die Bäume des Eichenmischwaldes hatten Keimlinge von Linden, Hainbuchen und Fichten abgegeben. Es handelt sich hiernach um einen Boden, der nicht nur im Untergrunde Salpeter bildet, sondern auch in den oberen Schichten. Daneben geht jedoch die Verarbeitung der organischen Substanz nicht allzu schnell. Es können auch noch einige nicht extreme Mykotrophe ihren Unterhalt hier finden. Wir haben einen normalen Eichenmischwald vor uns, der keinerlei extreme Ausmaße zeigt.

Bereits in seinen oberen Humusschichten viel mehr zur Rohhumusbildung neigend war der Boden aus dem nächsten Wald, einem *Picea*-Hochwald. Er war sehr dicht mit Moosen besiedelt. Die Humuslage war sehr dick. Die Nitrifikation blieb sozusagen aus. Dem entspricht der Bestand des Bodens mit Krautgewächsen. Es sind seicht wurzelnde Pflanzen, die aus sauren Böden immerhin noch genügend Ammonsalze verarbeiten können: *Oxalis acetosella*,

*Luzula pilosa* und *Poa nemoralis*. Daneben kommt von fakultativ mykotrophen *Majanthemum bifolium* sehr reichlich vor. Dem *Picea*-Hochwald waren Keimlinge von *Betula*, *Carpinus* und *Quercus* eingestreut. Die Dichte der Humusschicht erlaubt den Salpetergewächsen nicht mehr das Leben, und der Lichtmangel unterdrückt eine weitere Reihe von Kräutern. Die Bäume können im Untergrunde neben ihrer Mykotropie noch Salpeter erreichen. Es ist ein zweihorizontiger Boden, der durch die Dicke seiner Humusschicht das Leben der nicht tief gehenden Untergrundwurzler unterbindet.

Ein sonderbares Gemenge von sich scheinbar ganz widersprechenden Pflanzen besaß der Boden mit der periodischen starken Säuerung und der Unterbindung der Nitrifikation nur in der feuchten Jahreszeit. Auf ihm gediehen sowohl Gewächse, die einen Salpetergehalt direkt anzeigen, wie *Urtica dioica*, *Galeobdolon luteum*, *Glechoma hederacea* und *Scrophularia nodosa*, als auch solche, die die sauren Böden und solche mit Ammoncharakter lieben: *Oxalis acetosella*, *Asperula odorata*, *Stellaria holostea*, *Polystichum filix mas*, *Pol. spinulosum* usw. Daneben finden sich auch Pflanzen, die nicht wählerisch sind, wie *Dactylis glomerata*, *Rubus Idaeus* usw. In großer Nähe stand *Majanthemum bifolium*, *Convallaria majalis* und *Vaccinium Myrtillus*. Es kamen also auch die mykotrophen Pflanzen auf ihre Rechnung<sup>1)</sup>.

Der Bestand an Waldbäumen zeigte eine gleich wechselnde Beschaffenheit. Neben *Salix caprea* und der Esche auch in Form von Eschenkeimlingen standen Linden, Fichten, Eichen und Weißbuchen. Der Feuchtigkeit angemessen war außer der Weide auch die Schwarzerle, *Alnus glutinosa*. Dieser auffällige Mischbestand ist ebenso sonderbar wie der Befund in der Nitrifikation, die gerade in diesem Boden besonders stark bei der Untersuchung ein schlagartiges Einsetzen zeigte, und der Befund an Protozoën. Wir haben eben einen Boden, der zeitweise, besonders in der feuchten Zeit, ein Rohhumusboden ist, daneben sich aber in der trockenen Periode wieder erholt und dann sogar reich an Salpeter sein kann.

So interessant dieser Boden in seiner Wechselbeziehung zwischen den einzelnen Perioden ist, so zeigt doch der nächste Boden noch eigenartigere Dinge. Es ist dies der Boden, der die ungeheure Säuerung von PH 2,41 zeigte.

Hier heben wir zunächst das völlige Fehlen der Nitrifikation hervor. Die Besiedelung mit Protozoën ist sehr reich und haupt-

<sup>1)</sup> Auf solche Böden dringt gerne *Sphagnum squarrosum* ein.

sächlich der von Sphagneten gleich, obwohl nicht ein einziges Exemplar dieses Mooses in der Umgegend war. Vor einem Einschwemmen von *Sphagnum*-Stoffen war der Boden schon durch seine Lage geschützt, also kann auch davon keine Rede sein.

Die Polster von *Dicranum undulatum* waren ausnehmend dicht. Schlagen wir in einer Moosflora die Beschreibung dieses Zweizahnmooses nach, so finden wir gleichzeitig eine Schilderung der Bodenverhältnisse seines Standortes. Das kräftige Moos bildet tiefe (10—20 cm), lockere, gelbgrüne bis dunkelgrüne, innen braunfilzige Rasen. Besonders der dichte Besatz der Außenrinde des Stämmchens mit einem Filz von braunen Rhizoiden ist das, was dem Moose manche Ähnlichkeit mit *Sphagnum* gibt. Diese Art von Pflanzen saugen das Wasser des Untergrundes in trockenerer Jahreszeit hinauf und dampfen dabei die Lösungen ein. Es wird eine Konzentration der Bodenlösung erzielt. Dann wird in dem dichten Polster die Bodenlösung gut durchlüftet, so daß eventuell Verbrennungsprozesse stattfinden können.

Das Moos fängt aber auch das Regenwasser von oben auf und filtriert es förmlich, so daß alle gelösten, eingewehten oder mitgeschwemmten Stoffe dem Moose zuerst zugute kommen. Diese Moose sammeln so energisch alle Nährstoffe für sich, daß autotrophe Pflanzen nur ein sehr schweres Fortkommen auf den von ihnen stark besiedelten Böden finden werden.

Durch die dichten Rasen wird die oberste verrottete Schicht von der Luft ferngehalten. Es sind also in einem solchen Substrat alle Vorbedingungen zu einer Vertorfung gegeben. Durch das Wasser wird weiterhin auch die Luft ferngehalten, und als Folge davon sehen wir eine starke Säurebildung. Da die Moospolster das Versinken der Feuchtigkeit in den Untergrund ebenso erschweren wie die Luftzirkulation, so wird auch die Oberschicht des Humus mehr und mehr ihre Basen verlieren und stark sauren Charakter annehmen. Ob die in *Dicranum undulatum* vorhandene *Dicranum*-Gerbsäure ähnliche Wirkungen zeitigt wie die Sphagnol-Ausscheidungen der Sphagnen, müßte noch eingehend untersucht werden.

Im Grunde genommen haben wir hier Verhältnisse, die einem Zwischenmoore ungemein ähnlich sind. Sie sind nicht so extrem durch die Moose beherrscht wie beim Spagnetum, da die Pflanzen nicht eine so große Lufttrockenheit vertragen, sondern einen feuchteren Standort bevorzugen. *Dicranum undulatum* und noch mehr nähere Verwandte können zwischen Sphagnen gedeihen. Zu diesen

gehört *Dicranum Bonjeani* und *Dicr. Bergeri*. Es ist ja bekannt, daß auch *Sphagnum* keine extreme Lufttrockenheit verträgt. *Dicranum* ist aber offenbar noch etwas empfindlicher. Wir haben hier also genau dieselben Verhältnisse, die wir in den Übergangsmooren Ostpreußens finden, da, wo der Kiefernwald bereits sehr stark mit *Sphagnum* besetzt ist. Es kann uns daher nicht wundern, daß die höhere Pflanzenwelt beider Standorte fast identisch ist. Es sind vornehmlich Ericaceen, die die Feuchtigkeit und Säuerung gut ertragen können. Die Bestände setzten sich zusammen aus: *Vaccinium uliginosum*, *Vacc. Vitis Idaea*, *Vacc. Myrtillus*; *Ledum palustre* gehört ebenfalls zu dieser Formation, *Lycopodium annotinum* kommt gleichfalls sehr reichlich hier vor. Betrachten wir uns diese Zusammenstellung, so sehen wir, daß wir es mit Pflanzen zu tun haben, die alle unbedingt wenigstens in der Jugend (*Lycopodium*) auf die Mykotrophie angewiesen sind. In der Nähe gedieh *Rubus chamaemorus* und *Empetrum nigrum*, die ebenfalls solche Stellen besiedeln, die einem Übergangsmoore gleichen.

Von autotrophen Pflanzen fanden wir nur ein kleines Exemplar von *Juncus* (die Art konnten wir zur Zeit unserer Aufnahme nicht bestimmen). Da, wo sich einige kleine Erhebungen vorfanden, und besonders dort, wo der Wald gelichtet und damit dem Austrocknen durch die Besonnung ausgesetzt war, war häufig *Deschampsia flexuosa*. Auch einzelne Exemplare von *Molinia caerulea* fanden sich hier. Über den ganzen Komplex verteilt fanden sich einzelne Stücke von *Hypnum splendens* und *Thuidium tamariscinum*.

Die höheren Stauden und Bäume sind gleichfalls auf solchen Standorten zu Hause. *Rhamnus frangula*, wenige Fichten mit Keimlingen und einige Eichen waren anzutreffen. Die Charakterbäume aber waren *Pinus silvestris* und *Betula pubescens*. Kurz und gut, die Vegetation bietet uns das Bild eines Zwischenmoores ohne *Sphagnum*. Eine solche Vegetation möchten wir als die Schrittmacher des *Sphagnum* betrachten. Hier kann sich das Torfmoos leicht festsetzen. Wenn der Wald einmal durch das Gedeihen dieser Moose und der mit ihnen verbundenen hochgradigen Säuerung vorbereitet ist, dann wird der Untergrund nicht nur entfernt, sondern auch versäuert. Die normalen Waldbäume verlieren nach und nach ihre Existenzmöglichkeit, weil sie nicht von der Mykotrophie allein leben, sondern mit ihren tiefen Herzwurzeln auch Nahrung aus dem Untergrunde nehmen. Die Vegetation ist dann ebenfalls auf das *Sphagnum* vorbereitet. Leider fehlt noch die Untersuchung auf die Ammoniakbildung. Es ließe sich denken.

daß diese noch nicht in dem Grade durch Hemmungsstoffe gehindert ist, wie wir das bei Sphagneten finden.

Mit dem Auftreten des ersten Torfmooses kommt ein neues Moment in Erscheinung. Dadurch wird einer ganzen Reihe von Pflanzen das Leben unmöglich gemacht, und auf diese Weise kommt nach und nach der Übergang von der Vegetation des Übergangsmooses in die des Hochmooses, das noch viel ärmer an Pflanzen ist.

Vergleichen wir diesen interessanten Boden mit dem oben untersuchten *Polytrichum*-Boden, so werden uns manche Dinge der ombrogenen Moorentstehung verständlich, von dem wir ein Beispiel in der Zehlau haben.

*Polytrichum* ist ein Moos mit innerer Wasserleitung. Daher kann es schon eine etwas größere Lufttrockenheit ertragen. Es bereitet durch seine Humusbildung die Säuerung des Bodens und das Anhäufen von Hemmstoffen gegen die Nitrifikation vor. Je mehr sich die organischen Stoffe auf dem Boden anhäufen, desto mehr entfernt sich die Oberkrume von dem Untergrunde. Die Quelle der Mineralstoffe, vornehmlich des die Mineralisation fördernden Kalkes, versiegt mehr und mehr. Der Wald verhindert durch die Beschattung und durch die Abgabe von Nadeln und Laub das Austrocknen des Bodens durch die Sonnenbestrahlung. Dadurch erhält sich der Boden feucht. Hat diese wasserbindende Humusschicht eine gewisse Mächtigkeit erlangt, dann können sich, wenn der Wasserabfluß etwa durch eine Einbuchtung des Terrains gehemmt sein sollte, allmählich auch mehr die Feuchtigkeit bevorzugende Moose hier ansiedeln. Zu diesen gehört auch das eben erwähnte *Dicranum undulatum*. Dadurch wird die Humusschicht dann noch weiterhin verstärkt.

Zunächst haben im Untergrunde die Nitrifizierer noch die nötige Luft, um ihre Tätigkeit zu entfalten. Die Waldbäume pflegen ebenso wie die tiefwurzelnden Kräuter aus der tieferen Schicht die für ihr Leben notwendigen Nitrate zu entnehmen. Allmählich aber unterbindet die saure aufgelegte Humusschicht die Luftzufuhr und die Hemmungsstoffe, auch gelangen die Säuren immer tiefer in den Untergrund. Derselbe büßt von seiner Qualität immer mehr ein. Zuerst treten die tiefwurzelnden Kräuter zurück, während die Waldbäume noch durch ihre starken und langen Wurzeln die geringen Mengen des Salpervorrates im Untergrund erreichen können. Ebenso können sie auch noch andere Mineralsalze für sich verwenden.

Da in der Oberschicht eine sehr starke Säuerung herrscht, so werden die Umsätze gehemmt. Es bleiben allmählich auch die Gewächse aus, die bei seichter Bewurzelung trotzdem noch höhere Ansprüche an den Boden stellen. Dafür kommen mehr und mehr die Mykotrophen hoch, die ja den Stickstoff in anderer Form aufnehmen können. Wir sehen dann, daß bereits die Oberkrumenflora aus Zwischenmoorpflanzen besteht. Die Waldbäume mit größeren Ansprüchen an den Untergrund bleiben mehr und mehr zurück und der Boden ist dann bald nur noch von solchen Bäumen besiedelt, die sich auf mykotrophen Wege genügend ernähren können. Hierzu gehört die sehr anpassungsfähige Kiefer, die sich auf ganz verschiedene Art und Weise zu ernähren imstande ist. Von Laubbäumen ist hier auch die Birke zu Hause.

Nunmehr ist der Boden für die Sphagnen reif. Es können sich gleich die oligotraphenten Arten ansiedeln. An solchen Stellen, die aus ähnlichen Dicraneten entstanden sind, fand KOTILAINEN (7) unter anderen *Sphagnum medium*, *Sph. angustifolium*, *Sph. apiculatum*, *Sph. rubellum* und *Sph. fuscum*. In der Zusammenstellung über den Zuwachs der Pflanzen in verschiedenen PH hat OLSEN (8) gerade für diese Pflanzen auf den stark sauren Böden die besten Lebensbedingungen gefunden, z. B. für *Sphagnum rubellum*, *Sph. medium* (*Sph. magellanicum*), *Sph. apiculatum* (*recurvum*).

In dieser Entwicklungsreihe möchten wir die Bildungsweise der ombrogenen Moore sehen. Diese gehen nicht vom Flachmoor aus, sondern vom Walde<sup>1)</sup>.

Der letzte unserer Böden war wieder ein durchaus trockener Boden. Trotzdem zeigte auch er noch eine sehr hohe Säuerung. Wie wir an den vorigen Beispielen gesehen haben, ist der Sitz der Säuerung in der Humusschicht. Da wir nun auch von diesem Boden bei der Probenahme die alleroberste Schicht abgehoben hatten, so kann uns auch die Säuerung dieses Substrates nicht wundern, obwohl wir es hier mit einer von Pflanzen direkt fast freien Stelle zu tun hatten. Wohl hatten wir bei den Protozoën eine Anzahl solcher, die sich eng an die Hoch- und Zwischenmoore anschließen, doch hatten wir schon trotz alledem den Boden als einigermaßen normal bezeichnet, besonders wo wir sahen, daß die Protozoën doch nicht ganz so stenotop zu sein scheinen, wie die beiden Autoren sie angaben.

<sup>1)</sup> In Ostpreußen pflegt *S. medium, recurvum, Russowii, subbicolor* einzudringen.

Die höheren Pflanzen, die sich auf diesem Boden fanden, sind auch ganz dazu angetan, diese Meinung zu bestätigen.

Es handelt sich um einen durchaus reinen Fichtenhochwald, in dem wir in weitem Umkreise nur eine einzige baumbildende Art entdecken konnten. Der Boden muß aber doch geeignet sein, Eichen zu ernähren, denn wir fanden eine ganze Reihe Eichenkeimlinge.

Die Gewächse, die hier standen, können alle ein reichliches Maß von Säuerung ertragen. Wir fanden *Oxalis acetosella*, *Aira flexuosa*, *Polystichum spinulosum*, *Luzula pilosa*. Auch *Vaccinium Myrtillus* als Mykotrophe ist zugegen. Daneben kommen aber auch Gewächse vor, die in den Untergrund gehen und hier eine sehr reichliche mineralische Nahrung finden. Die Humusschicht war sehr schwach. Der Untergrund war ein eisenreicher Sandboden, von dem man annehmen kann, daß er etwas Basen enthält, so daß autotrophe Pflanzen Salpeter finden können. Gewächse dieser Art sind *Poa nemorosa*, *Dactylis glomerata*, *Lactuca muralis* und ein *Hieracium* aus der *Murorum*-Gruppe. Auf solchen Substraten kann es nicht zur Bildung großer Moorflächen kommen. Unser Fichtenhochwald lag außerdem erhaben, so daß das Wasser sich nicht ansammeln konnte. Im anderen Falle aber würde dieser Boden die erste Stufe der Moorbildung darstellen.

Fassen wir noch einmal kurz unsere Gedankengänge zusammen, so können wir sagen:

Der Beginn der ombrogenen Moore ist eigentlich in der Mooschicht des Waldes vorgezeichnet. Hier fehlt es an den Basen, und die Feuchtigkeit wird festgehalten. Dadurch kommt es zur Säuerung und Humusbildung. Hat diese einen gewissen Grad erreicht, dann können sich, sofern die klimatischen Verhältnisse es zulassen, Moose ansiedeln, die einen größeren Feuchtigkeitsgehalt lieben und die auch die Feuchtigkeit mehr festhalten. Zugleich wird die Säurebildung vergrößert und die Humusbildung vermehrt. Hat dieses eine Zeitlang stattgefunden, so wird der Untergrund mit seiner Nitrifikation immer mehr abgesperrt. Dann ist die Möglichkeit der Besiedelung mit Ericaceen gegeben, weil gleichzeitig der Wald lichter wird. Diese wirken ebenfalls wieder humusbildend und luftabsperrend durch ihr ungemein mit dem Boden verwachsenes Wurzelwerk, das außerdem nach dem Absterben große Massen stark verkorkten und verholzten Filzes in dem Boden zurückläßt. Die Waldbäume, die sich allein von Mineralien nähren müssen, können dann schon nicht mehr bestehen. Da aber der Trockentorf schon zu sehr angewachsen ist, kann auch eine Austrocknung des

Bodens eine Durchlüftung nicht mehr bewirken, wie das bei dünnen Torfschichten immerhin noch möglich ist. An diese Vorgänge schließt sich die Möglichkeit des Bestehens der oligotraphenten Sphagnen an. Hand in Hand mit all diesen Vorgängen geht die Bleichsand- und Ortsteinbildung, die den Untergrund noch mehr abschließt und ihn an Basen verarmen läßt. Eine weitere Folge der letztgenannten Vorgänge ist die Bildung einer undurchlässigen Bodenschicht, die das Wasser in höherem Niveau hält. Die Gestalt des Terrains ist natürlich von Einfluß, ebenso wie das Klima. In einem trockenen Klima wird es nicht zur Bildung von ombrogenen Mooren kommen können. Ein kaltes Klima hingegen wird die Vorgänge begünstigen, wegen der meist höheren Niederschläge und der Unterbindung der Umsätze im Boden und der damit in Zusammenhang stehenden Anhäufung von Humusstoffen. Auch aus diesem Grunde sind die ombrogenen Moore in nördlicheren und östlicheren Bezirken in Europa verbreitet. Der Ostteil leidet unter dem späten Einsetzen des Frühlings, weshalb hier die ombrogenen Moore besonders begünstigt werden (32).

Eine Arbeit, die sich sehr eingehend mit ähnlichen Gedankengängen und auch Objekten beschäftigt, ist die von MAUNO J. KOTILAINEN (7): „Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens.“

Da diese Arbeit alle einschlägige Literatur gesammelt hat, so möchten wir vornehmlich sie besprechen. Zudem ist die Veröffentlichung nicht allzu leicht zugänglich, so daß auch eine etwas breitere Darstellung der wirklich guten Arbeit angebracht sein dürfte.

Der Ausgangspunkt dieses Werkes ist „das Axiom, daß die Oberflächenvegetation der Moore, sowie gleichzeitig die verschiedenen Arten in mehr oder weniger loser oder fester Beziehung zur Beschaffenheit der Standorte, also des Oberflächentorfes stehen“. Daher ist die Pflanzendecke auch in chemischer und pflanzenphysiologischer Hinsicht geeignet zur Charakterisierung, was besonders für die Meliorisation von Bedeutung ist.

Leider fehlt es gerade an solchen Untersuchungen, die chemisch vorgehen. Da man von den Sphagnen sehr viel über ihre Beziehungen zur Bodensäure weiß, so drängt sich der Wunsch auf, auch die andere Pflanzenwelt in dieser Richtung zu untersuchen. Bei den Torfmooren ist die Verschiedenheit der PH-Zuständigkeit bei den eu- und oligotraphenten Arten bereits weiter vorne von uns behandelt worden.

Für unsere Fragestellung ist die Angabe der oft sehr hohen Wasserstoffionenkonzentration sehr wertvoll. Die Ertragsfähigkeit im forstlichen Sinne geht mit der Höhe dieses Faktors Hand in Hand. AALTONENS Zahlen sind die von 3.5—5.5. Also handelt es sich doch um nennenswerte Säuremengen, die an die der Moore herangehen.

Die Hauptfragestellung KOTILAINENS ist mit seinen eigenen Worten kurz umrissen: „ . . . die Beziehung der mehr oder weniger natürlichen Pflanzendecke

der Moore zu den Standortsfaktoren, besonders der Azidität des darunterliegenden Torfes . . .“ Wesentlich ist seine Entnahme der Bodenprobe aus den verschiedenen Bodenhorizonten, weil das PH und auch die Bewurzelung hier sehr wechselt. Seine Bestimmungen wurden nach der elektrometrischen Methode unter Benutzung einer Bodenaufschlammung ausgeführt.

Es folgt nun eine Aufstellung von Bodenproben, die die hohe Zahl von 246 erreicht. Das Originelle bei diesen Probenahmen ist die vegetationskundliche Aufnahme der Orte. Ob man diese nun nach einem solchen einfachen Schema aufnimmt, oder ob man nach der komplizierten Methode der Upsalenser vorgeht, ist (wie der Verfasser richtig betont) nicht von einer solchen Bedeutung, wie man es vielfach hinstellt. Vor allem bespricht er unter anderem auch den Wechsel der Bodenhorizonte und Bodenhöhen sehr schlagend. Wir wollen seinen Proben einige entnehmen, die in Säuerung und Pflanzendecke unserem vierten, interessantesten Boden nahestehen.

Zur Erklärung der Zeichen, die er zur Abkürzung gebraucht, müssen wir zuerst die Aufstellung dieser bringen:

- cpp (copiosissime) = sehr reichlich
- cp (copiose) = reichlich.
- st cp (sat copiose) = ziemlich reichlich.
- sp (sparsim) = zerstreut.
- st pc (sat parce) = ziemlich spärlich.
- pc (parce) = spärlich.
- pcc (parcissime) = sehr spärlich.

Bei der Angabe der Torfarten (also der hauptsächlichsten Konstituenten des Torfes) hat er sich folgender Abkürzungen bedient:

- A = *Amblystegium*, im kollektiven Sinn, nicht nur die Arten der Kollektivgattung *Amblystegium* enthaltend, sondern auch alle sogenannten Braunmoose.
- C = *Cyperaceae*, außer *Eriophorum vaginatum*.
- Eq = *Equisetum*.
- Er = *Eriophorum vaginatum*.
- M = Magnoligniden (Holzpflanzen).
- N = Nanoligniden (Reiser).
- Phr = *Phragmites communis*.
- Po = *Polytrichum*.
- S = *Sphagnum* bzw. *Sphagna*.
- Sc = *Scirpus caespitosus*.
- Sch = *Scheuchzeria palustris*.

Die dominierenden Bestandteile sind stets am Schluß aufgeführt. So bedeutet z. B. Eq—A—C—T, daß im fraglichen Torf die Reste der (mit C bezeichneten) *Cyperaceae* den Hauptteil des Torfes bilden, daß aber zu den erwähnenswerten Konstituenten des Torfes auch die Schachtelhalme und die Braunmoose gehören.

Die strukturellen Eigenschaften des Torfes werden durch VON POSTs Torfschema angegeben. Die auch bei uns angewendete Formel dieses Schemas lautet:  $H_{1-10}$ ,  $B_{1-5}$ ,  $F_{0-3}$ ,  $V_{0-3}$ , wo H = die Humosität, d. h. der Grad der Zersetzung, B = der Feuchtigkeitsgehalt, F = der Fibergehalt von *Eriophorum vaginatum*, R = der Wurzelfasergehalt und schließlich V = der Gehalt an Holzresten ist.

Die Humosität wird nach einer zehnteiligen Skala auf folgende Weise angegeben:

- H 1: Vollständig unhumifizierter und dyfreier Torf; beim Quetschen in der Hand geht nur unklares, farbloses Wasser zwischen den Fingern ab.
- H 2: Beinahe vollständig unhumifizierter und dyfreier Torf; beim Quetschen fast klares, nur schwach gelbbraunes Wasser.
- H 3: Sehr wenig humifizierter, oder schwach dyhaltiger Torf; beim Quetschen geht deutlich trübes, braunes Wasser, aber keine Torfsubstanz zwischen den Fingern ab; der Rückstand nicht breiartig.
- H 4: Schwach humifizierter, aber etwas dyhaltiger Torf; beim Quetschen stark trübes Wasser, aber noch keine Torfsubstanz; der Rückstand etwas breiartig.
- H 5: Ziemlich humifizierter oder ziemlich dyhaltiger Torf; die Pflanzenstruktur noch deutlich, aber etwas verschleiert; beim Quetschen geht etwas Torfsubstanz, aber hauptsächlich trübes braunes Wasser zwischen den Fingern ab; der Rückstand ist stark breiartig.
- H 6: Ziemlich humifizierter oder ziemlich dyhaltiger Torf mit undeutlicher Pflanzenstruktur; beim Quetschen geht etwa ein Drittel der Torfsubstanz zwischen den Fingern ab. Der Rückstand stark breiartig, aber mit deutlicher hervortretender Pflanzenstruktur, als in dem ungequetschten Torfe.
- H 7: Stark humifizierter oder stark dyhaltiger Torf, dessen Pflanzenstruktur noch ziemlich erkennbar ist; beim Quetschen geht etwa die Hälfte der Torfsubstanz ab.
- H 8: Sehr stark humifizierter oder sehr stark dyhaltiger Torf mit sehr undeutlicher Pflanzenstruktur; beim Quetschen passiert etwa  $\frac{2}{3}$  zwischen den Fingern durch; der Rückstand hauptsächlich aus mehr resistenten Bestandteilen, wie Wurzelfasern, Holzteilen u. dgl. bestehend.
- H 9: Fast vollständig humifizierter oder fast ganz dyartiger Torf, beinahe ohne erkennbare Pflanzenstruktur; beinahe die ganze Torfmasse dringt beim Quetschen zwischen den Fingern heraus.
- H 10: Vollständig humifizierter oder ganz dyartiger Torf ohne irgendwelche Pflanzenstruktur; beim Quetschen passiert die ganze Masse zwischen den Fingern hindurch.

Die Torfe mit PH-Werten unter PH 6 werden gewöhnlich als verhältnismäßig unzersetzt betrachtet, die mit PH-Werten über 6 dagegen zu den humifizierten gezählt.

Die Nässe des Torfes wird mit dem Feuchtigkeitsgrade B angegeben und mittels einer fünfgradigen Skala registriert:

- B 1 = lufttrocken.
- B 2 = etwas entwässert.
- B 3 = normaler Wassergehalt.
- B 4 = sehr wasserreich.
- B 5 = Wasser mit Torfschlamm.

Der Feuchtigkeitsgehalt B 3 ist der gewöhnlichste des Torfes und natürlich der am häufigsten wiederkehrende Wert bei den später folgenden Beschreibungen der Torfproben.

Betreffs des Gehaltes an Wurzelfasern (R) und Holzresten (V) werden vier Stufen unterschieden: R 0, V 0 = Fehlen dieser Bestandteile; R 1, V 1, R 2, V 2

= unbedeutendes bzw. reichliches Vorkommen; R 3, V 3 = beinahe reiner Wurzelfilz, bzw. hauptsächlich aus makroskopischen Holzresten bestehend. Auf dieselbe Art wird der Fasergehalt von *Eriophorum vaginatum* im Torfe in vier Stufen unterschieden.

Schließlich setze ich ohne weiteres die Bedeutung des PH zur Kennzeichnung der Azidität der Torfproben als bekannt voraus. Was ferner die Ergebnisse der chemischen Analysen betrifft, werde ich die Signatur A für den Aschengehalt anwenden.

Nun kommen wir zur Anführung der einzelnen, für uns interessanten Proben.

„Probe 39: *Carex globulosa* — Reisermoor. Große Föhren. In der ununterbrochenen Mooschicht *Sphagnum angustifolium*, *Sph. medium*, *Carex globularis* cpp, *Rubus chamaemorus* pc; *Betula nana* pc, *Empetrum nigrum* pc, *Andromeda polifolia* pc, *Vaccinium myrtillus* pc, *V. uliginosum* st pc, *Ledum palustre* pc

0,2—0,3 m; S—T. H<sub>7</sub> B<sub>2</sub> F<sub>0</sub> R<sub>1</sub> (C), V<sub>0</sub>; PH = 3,8.

Chem. An.: N = 1,97%; A = 4,76%; CaO = 0,30%.“

Es handelt sich hier um ein weiter fortgeschrittenes Stadium, da bereits die oligotraphenten Torfmoose sich breit gemacht haben.

Ein verhältnismäßig trockenes, aber doch stark saures Reisermoos stellt die Probe 83 dar:

„Reisermoor mit gut gewachsenen Föhren. In der Mooschicht *Aulacomnium palustre* cp, *Pleurozium Schreberi* cp, *Polytrichum strictum* pc, *Eriophorum vaginatum* sp, *Betula nana* pc, *Ledum palustre* pc, *Cassandra calyculata* st pc.

0,2—0,3 m tief. M—S—T. H<sub>4</sub> B<sub>3</sub> FO R<sub>1</sub> (Er) V<sub>1-2</sub>; PH = 3,2.

Wir haben hier wieder bei starker Säuerung einen Bestand von Hochmoorpflanzen, ohne daß *Sphagnum* da ist. Die Feuchtigkeit ist nicht zu stark, ein Zeichen dafür, daß diese nicht direkt mit der Vegetation zu tun hat. Die Pflanzen von der Art des *Ledum palustre* sind nicht nur scheinbare Xeromorphe, sondern ihrer Wasserdurchströmung nach wirkliche Xerophyten. Das ist zum großen Teile durch die Mykotrophie bedingt, die allerdings KOTILAINEN nur ein einziges Mal in seinen Abhandlungen streift. Auch *Eriophorum vaginatum* ist xeromorph, wie besonders MONTFORT (9) so schön ausführt. Es ist nun sehr interessant, daß gerade diese Pflanze nach LIPPMANN (26) „passive“ Wasserausscheidung hat. Es ist also eine Pflanze, die, wie in der Arbeit VOSS (10) gezeigt wurde, nur temporärer Xerophyt ist, d. h. sie kann die trockenen und gefrorenen Perioden ertragen, ersetzt aber bei Gegenwart aufnehmbaren Wassers die Transpiration durch die Guttation. Damit löst sich der vorhandene Widerspruch zwischen Gestalt und Bodencharakter hier ebenfalls wie bei den Mykotrophen auf physiologischer Basis. Wir bezeichnen solche Pflanzen mit dem eben gebrauchten Ausdruck als „temporäre Xerophyten“.

Das folgende Moor wurde deshalb in dieser Arbeit erwähnt, weil es am Rande des obigen stand und in seiner Feuchtigkeit nicht allzusehr zugenommen hatte.

Probe 84: „Eine Weißmoorfläche am Rande des vorigen Moores *Sphagnum recurvum*, *Sph. medium*; *Equisetum fluviatile* pcc, *Eriophorum vaginatum* pc, *Carex chordorrhiza* sp, *C. echinata* pc, *C. pauciflora* pcc, *Potentilla tormentilla* pc.

0,2—0,3 m. OC—S—T. H<sub>4</sub> B<sub>3</sub> FO R<sub>1-2</sub> (C) V<sub>0</sub>; PH = 3,7.

Die Ph-Zahl war etwas gefallen, obwohl die oligotraphenten Torfmoose vorhanden sind. Das oben noch vorkommende *Eriophorum vaginatum* ist nun ziemlich spärlich geworden, ein Zeichen dafür, daß noch andere Wandlungen des Bodens eintreten, die nicht allein durch die Säuerung des Bodens bedingt sind. Wir möchten darauf aufmerksam machen, daß nach Untersuchungen von FUCHS und ZIEGENSPECK (11) die Hemmung der Ammonisation durch Sphagnumstoffe erzielt wird.

Eine sehr wertvolle Probe ist die Probe Nr. 122—125. „Eine gegen 30 cm hohe Reisermoorbülte, etwa 15 m von der vorigen Probefläche entfernt. *Pleurozium Schreberi*, *Aulacomnium palustre*, *Polytrichum strictum*; *Comarum palustre*; *Empetrum nigrum* cp, *Vaccinium uliginosum* cp.

0,1—0,2 m. S—T. H<sub>2</sub> B<sub>3</sub> FO RO VO; PH = 3,3.

0,2—0,3 m. S—S. H<sub>3</sub> B<sub>3</sub> FO RO VO; Polytrichum; PH = 3,5.

0,3—0,4 m. S—C—T. H<sub>4</sub> B<sub>3</sub> FO R<sub>2</sub> (C) VO; PH = 5,5.

0,4—0,5 m. M—S—C—T. H<sub>6</sub>→7 B<sub>3</sub> FO R<sub>1</sub> (C) VI; PH = 5,1.

Chem. An. (von den beiden letzten Proben zusammen): N = 1,41<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; A = 6,78<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Besonderes Gewicht möchten wir auf die verschiedenen Horizonte legen. Die unteren Horizonte von 30—50 cm haben eine ganz geringe Säuerung. Diese läßt unserer Erfahrung nach noch eine gute Nitrifikation zu. Allerdings ist sehr viel Humus vorhanden, der seinerseits diese Erscheinung stören könnte. Von den Pflanzen fällt *Comarum palustre* auf, das ziemlich tief wurzelt. Über diese Pflanze schreibt KOTILAINEN: „Von den übrigen zur eurotypen Artengruppe gehörigen Arten behandeln wir dann des näheren *Comarum palustre* und *Menz-anthes trifoliata*, die mit am häufigsten in der Pflanzendecke der Moore unseres Landes auftreten. Diese Arten sind jedoch freilich nicht mehr so ausgesprochen eurotyp in bezug auf die Azidität des Torfbodens, denn mit der Gesamtzahl der Vorkommnisse verglichen, sind namentlich die zu den zwei untersten PH-Klassen gehörigen Vorkommnisse exzeptionell wenig zahlreich, wenn man auch in Betracht zieht, daß die eurotypen Arten seltener auf sauersten und andererseits am wenigsten saueren Torfen als auf mäßig saueren zu finden sind.

Es dürfte nicht ohne Interesse sein, näher zu untersuchen, ob diese sauersten Torfböden für die Arten wirkliche Standböden sind oder ob es sich um scheinbare Vorkommnisse handelt, bei denen die wirklichen Standböden der Arten tiefer unten in weniger sauerem Torfe liegen.“

Die seicht wurzelnden Arten, wie *Empetrum nigrum* und *Vaccinium uliginosum*, haben den oberen sauren und für die Mykorrhizie günstigen Horizont.

In der Säuerung nähert sich unserem extremen Boden am meisten die nun folgende Probe. Es handelt sich um ein Reisermoor, das aber fraglos in der Entwicklung zum Hochmoor viel weiter fortgeschritten ist. Ganz zum Sphagnetum ist es aber noch nicht gediehen, denn die (zwar oligotraphenten) Laubmoose sind noch vorhanden.

Die Probe lautet (229—233):

„*Carex globularis* — Reisermoor. Die Oberfläche uneben, aber ohne scharfe begrenzte Bülden. Kleine Föhren und krüppelige Fichten. In der Moosschicht: *Sphagnum angustifolium*, *Sph. apiculatum*, *Sph. acutifolium*, *Sph. rubellum*, *Sph. medium*, *Polytrichum strictum*, *Aulacomnium palustre*, *Eriophorum vaginatum* st pc, *Carex globularis* sp, *Rubus chamaemorus*; *Empetrum nigrum* pc, *Calluna vulgaris* sp, *Ledum palustre* pc, *Vaccinium uliginosum* st cp, *Vacc. Vitis idaea* pc.

0,0—0,1 m. Er—S—T. H<sub>4</sub> B<sub>2</sub> FO R<sub>1</sub> (Er) VO; PH = 3,0.

0,1—0,3 m. Er—S—T. H<sub>6</sub> B<sub>2</sub> FI R<sub>1-2</sub> (Er) VO; PH = 3,1.

0,2—0,3 m. Er—S—T. H<sub>7</sub> B<sub>2</sub> FO R<sub>1</sub> (Er) VO; PH = 3,1.

0,3—0,4 m. Er—S—T. H<sub>6-7</sub> B<sub>2</sub> FO R<sub>1-2</sub> (Er, C) VO; PH = 3,4.

0,4—0,6 m. C—S—T. H<sub>6-7</sub> B<sub>2</sub> FO R<sub>1-2</sub> (Er, C) VO; PH = 3,5.

Chem. Analyse (Probe 230) N = 1,12<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; A = 3,41<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Chem. Analyse (Probe 231) N = 1,99<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; A = 3,50<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; CaO = 0,22<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Chem. Analyse (Probe 233) N = 1,46<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; A = 3,40<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; CaO = 0,27<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Anschließend an die Feststellung vor Angabe dieser Probe möchten wir noch einen Satz von KOTILAINEN bringen, der sich auch mit dem Vorkommen der Laubmoose auf solchen Stellen befaßt: „. . . Andererseits ist hervorzuheben, daß mehrere Laubmoose in der Pflanzendecke der Moore unter gleicher Faktorenkonstellation in voller Eintracht mit den oligotraphenten *Sphagnum*-Arten gefunden werden. Von diesen oligotraphenten Laubmoosen seien z. B. *Dicranum Bergerii*, *Aulaacomnium palustre*, *Drepanocladus fluitans* (coll.), die *Polytrichum*-Arten und *Calliergon stramineum* genannt.“

Daß sich die Sphagnen sehr breit gemacht haben, dafür kann das sehr spärliche Vorkommen von *Eriophorum vaginatum* ein Beweis sein.

Da die tiefen Bodenschichten auch in sehr starke Säuerung übergegangen sind, so wird uns auch das Verkrüppeln der Coniferen verständlich. Denn die Coniferen sind nicht obligat mykotroph und können nicht durch die Mykorrhizie allein so leben, daß kräftige Exemplare entstehen.

Eine Probe, die noch nicht eine so starke und tiefe Säuerung hat, ist die Probe 234—237:

„Reisermoor. Die Oberfläche des Moores ist uneben, aber die Bülden sind nicht eng begrenzt. In der Probeffläche *Sphagnum medium*, *Sph. angustifolium*, *Polytrichum commune*, *Polytrichum strictum*; *Carex globularis* st cp, *Rubus chamaemorus* cp; *Ledum palustre* st cp, *Vaccinium Vitis idaea* cp, *Vacc. myrtillos* pc. Kleine Birken, Fichten und Föhren (spärlich). Gehört nach CAJANDERS System am nächsten zu den anmoorigen Wäldern.

0,1—0,1 m. M—N—S—T. H<sub>6</sub> B<sub>3</sub> FO R<sub>1</sub> (C) VI—2; Reiser PH 3,1.

0,1—0,2 m. M—S—T. H<sub>6</sub> B<sub>3</sub> FO R<sub>1-1</sub> (C) VI—2; PH = 3,3.

0,2—0,3 m. S—T. H<sub>4</sub> B<sub>3</sub> FO RO—1 (C) VO—1; PH = 3,4.

Chem. An. (Pr. 235): N = 1,59<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; A = 7,22<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; CaO = 0,43<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Chem. An. (Pr. 236): N = 1,51<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; A = 5,91<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Chem. An. (Pr. 237): N = 1,98<sup>0</sup>/<sub>0</sub>; A = 11,62<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Nach dem bisher Gesagten bedarf diese Probe keiner weiteren Besprechung. Es ist ein noch nicht so weit fortgeschrittenes Stadium wie das letzte.

Die übrigen Proben sind in unserem Zusammenhange weniger von Wert.

In seiner Besprechung der Ergebnisse weist KOTILAINEN auf die Tiefe der Baumbewurzelung hin und auf die schlechte Bezugsgröße für die Beurteilung der oberen Horizonte.

Im weiteren gibt er uns eine tabellarische Übersicht über das verschiedene Vorkommen der einzelnen Pflanzen auf Böden mit steigendem PH-Wert. Wir geben seine zweite Tabelle wieder, in der die Ergebnisse seiner Forschungen prozentual umgerechnet sind.

Wie bei der verschiedenen Wurzelhöhe und den verschiedenen Bodenhorizonten zu erwarten ist, kann man natürlich keine engen Grenzen ziehen.

Ebenso verbietet das die verschiedene Ernährungsart. „Trotzdem ist es aber im allgemeinen leicht, die Abhängigkeitsverhältnisse der Pflanzendecke von der Azidität des Torfbodens in großen Zügen festzustellen, wie es sich auch aus den Tabellen ergibt.“

Gruppe	Die Arten	Der proz. Anteil der Proben an den PH-Klassen							
		I 3.6	II 3.6—4.0	III 4.1—4.5	IV 4.6—5.0	V 5.1—5.5	VI 5.6—6.0	VII 6.1—6.5	VIII 6.5
A.	<i>Carex globularis</i> . . . . .	68.8	31.2	—	—	—	—	—	—
	<i>Ledum palustre</i> . . . . .	84.2	10.5	—	—	—	5.3	—	—
	<i>Vaccinium vitis</i> <i>Idaea</i> . . . . .	84.6	7.7	—	7.7	—	—	—	—
	<i>Rubus chamae-</i> <i>morus</i> . . . . .	80.0	10.0	—	5.0	5.0	—	—	—
	<i>Calluna vulgaris</i> . . . . .	70.0	10.0	20.0	—	—	—	—	—
	<i>Carex pauciflora</i> . . . . .	68.0	16.0	4.0	12.0	—	—	—	—
	<i>Eriophorum vagi-</i> <i>natum</i> . . . . .	61.6	18.3	15.0	1.7	1.7	1.7	—	—
	<i>Scheuchzeria</i> <i>palustris</i> . . . . .	58.3	16.7	16.7	8.3	—	—	—	—
	<i>Vaccinium uligi-</i> <i>nosum</i> . . . . .	61.8	14.2	4.8	4.8	9.6	4.8	—	—
	<i>Empetrum nigrum</i> . . . . .	54.5	15.2	21.2	9.1	—	—	—	—
	B.	<i>Andromeda poli-</i> <i>folia</i> . . . . .	40.9	22.9	17.1	—	20.0	—	—
<i>Carex rostrata</i> . . . . .		28.3	8.7	30.4	8.7	17.4	6.5	—	—
<i>Cassandra caly-</i> <i>culata</i> . . . . .		84.6	15.4	42.4	—	—	—	3.5	3.8
<i>Eriophorum poly-</i> <i>stachium</i> . . . . .		40.0	10.0	30.0	—	20.0	—	—	—
<i>Betula nana</i> . . . . .		24.5	22.2	22.2	8.9	11.0	6.7	4.4	—
<i>Carex irrigua</i> . . . . .		23.5	5.9	23.5	35.3	11.8	—	—	—
<i>C. filiformis</i> . . . . .		14.1	14.1	21.8	12.8	23.1	6.4	6.4	1.3
<i>Drosera rotundifolia</i> . . . . .		22.1	11.1	22.2	33.4	—	11.1	—	—
<i>Dr. longifolia</i> . . . . .		25.0	12.5	12.5	25.0	12.5	—	—	12.5
<i>Scirpus caespitosus</i> . . . . .		16.7	6.65	6.65	10.0	30.0	10.0	16.7	3.3
<i>Carex chordorrhiza</i> . . . . .		7.7	7.7	15.0	19.2	38.5	—	9.6	1.9
<i>Oxycoccus paluster</i> . . . . .		17.4	—	18.0	21.8	26.0	13.0	8.8	—
<i>Carex limosa</i> . . . . .		6.0	6.0	18.4	21.2	42.4	6.0	—	—
<i>Comarum palustre</i> . . . . .		7.7	3.8	30.8	15.4	38.5	3.8	—	—
<i>Menyanthes trifo-</i> <i>liata</i> . . . . .		6.8	2.3	22.7	15.9	40.9	6.8	2.3	2.3
<i>Equisetum fluviatile</i> . . . . .	2.4	4.9	21.9	19.5	34.2	4.9	7.3	4.9	
C.	<i>Carex Goodenoughii</i> . . . . .	—	—	50.0	25.0	25.0	—	—	—
	<i>Eriophorum al-</i> <i>pinum</i> . . . . .	—	—	39.1	13.1	30.4	8.7	8.7	—
	<i>Galium palustre</i> . . . . .	—	—	30.0	—	50.0	20.0	—	—

Gruppe	Die Arten	Der proz. Anteil der Proben an den PH-Klassen							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
		3.6	3.6—4.0	4.1—4.5	4.6—5.0	5.1—5.5	5.6—6.0	6.1—6.5	6.5
C.	<i>Phragmites communis</i> . . . .	12.5	—	12.5	12.5	25.0	25.0	12.5	—
	<i>Salix myrtilloides</i>	—	—	16.7	66.7	16.7	—	—	—
	<i>Carex dioica</i> . .	—	—	23.6	8.8	41.2	20.6	2.9	2.9
	<i>Molinia coerulea</i> .	—	4.2	16.6	4.2	41.6	25.0	4.2	4.2
	<i>Potentilla tormentilla</i> . . . . .	—	4.3	13.1	8.7	34.7	17.4	8.7	13.1
	<i>Selaginella selaginoides</i> . . . .	—	—	12.5	12.5	25.0	37.5	6.2	6.3
	<i>Carex heleonastes</i> .	—	—	7.1	14.3	64.4	—	7.1	7.1
	<i>Carex panicea</i> . .	—	—	3.7	10.3	58.6	20.7	3.4	3.4
D.	<i>Saxifraga hirculus</i>	—	—	—	—	100	—	—	—
	<i>Stellaria crassifolia</i>	—	—	—	—	100	—	—	—
	<i>Schoenus ferrugineus</i> . . . . .	—	—	—	14.3	71.4	14.3	—	—
	<i>Carex diandra</i> . .	—	—	—	—	84.6	7.7	7.7	—
	<i>Eriophorum latifolium</i> . . . . .	—	—	—	3.7	51.9	14.8	18.5	11.1
	<i>Salix myrsinites</i> .	—	14.3	—	—	14.3	28.6	28.6	14.3
	<i>Carex flava</i> . . .	—	—	—	2.7	40.6	29.7	10.8	16.2
	<i>Ulmaria pentapetala</i> . . . . .	—	—	—	—	35.7	—	21.4	42.9
	<i>Crepis paludosa</i> .	—	—	—	—	14.3	14.3	28.6	42.8
	<i>Carex capillaris</i> .	—	—	—	—	—	16.7	—	83.3
	<i>Cypripedium calceolus</i> . . . .	—	—	—	—	—	—	60.0	40.0

Auf den Einfluß der Wurzeltiefe geht der Verfasser auch ein, hat jedoch keine dahingehenden ausgedehnten Untersuchungen unternommen. Seine Gedanken in dieser Richtung wollen wir ergänzen durch die Besprechung des Wurzelwerkes der auf unserem Boden Nr. IV gefundenen Pflanzen.

KOTILAINEN verbreitet sich nun über die Einteilung der Moore. Die einfache und bekannteste Einteilung in Niedermoore und Hochmoore befriedigt nicht. Er geht an die CAJANDERSche Gliederung heran und gliedert mit ihm die Moore in Weißmoore, Braunmoore, Reisermoore und Bruchmoore. Die Reisermoore, die unserem Boden nahestehen, bleiben jedoch eine sehr heterogene Gruppe. Diese Tatsache beruht unserer Ansicht nach wohl auf der verschiedenen Entstehungsart. Wenn der Boden eine gewisse Säuerung und noch keine allzu große *Sphagnum*-Wirkung zeigt, dann gedeihen eben die Reiser. Dabei ist es natürlich von ganz wesentlichem Einfluß, ob die Übergangsbildung auf ombrogenem Wege von Waldmoosen oder durch *Racomitrium* bewirkt wird, oder ob es sich um Verlandungsmoore handelt.

Über die Stärke der Säuerung und die verschiedenen Moortypen gibt seine Tabelle eine gute Übersicht. Wir führen sie deshalb hier an:

Die Einteilung der Proben von den verschiedenen Moortypen in PH-Klassen und die Typengruppen.

Die Typen	Die Anzahl der Proben in den versch. PH-Klassen							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Kurzhalmlige Weißmoore . . . . .	7	—	—	—	—	—	—	—
Heidemoore . . . . .	9	2	—	—	1	—	—	—
Sph. Papillosum — Moore . . . . .	4	1	—	—	—	—	—	—
Sph. fuscum — Moore . . . . .	6	2	—	—	—	—	—	—
Anmoorige Wälder . . . . .	6	5	—	—	—	—	—	—
Rosmarinkrautmoore . . . . .	14	3	5	—	2	—	—	—
Verlandungsweißmoore . . . . .	4	5	2	1	1	1	—	—
Rimpi — Weißmoore . . . . .	8	3	5	2	—	—	—	—
Seggenreisermoore . . . . .	2	1	2	1	—	—	—	—
Großseggenmoore . . . . .	—	1	8	2	—	—	—	—
Kräuter — und Grasbrüche . . . . .	—	—	2	4	1	—	—	—
Braunmoor — Reisermoore . . . . .	—	—	4	1	—	2	1	1
Rimpi — Braunmoore . . . . .	—	—	—	2	6	5	1	—
Eigentliche Braunmoore . . . . .	—	—	3	4	30	12	6	4
Braunmoorbrüche . . . . .	—	—	—	—	6	1	2	3
	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Die Typengruppe A . . . . .	76.4	56.5	16.1	—	6.4	—	—	—
Die Typengruppe B . . . . .	23.6	43.5	61.3	58.8	4.2	4.8	—	—
Die Typengruppe C . . . . .	—	—	22.6	41.2	89.4	95.2	100	100

KOTILAINENS Zusammenfassung gipfelt in folgenden Sätzen: „Jedenfalls scheinen die kurzhalmligen Weißmoore, Heidemoore, *Sphagnum papillosum*-Moore, *Sph. fuscum*-Moore und anmoorigen Wälder, ferner noch die Rosmarinkrautmoore fast ausnahmslos, wenn auch nicht so deutlich, nur auf dem sauersten Torf in Übereinstimmung mit den Konstituenten der Typen, mit den einzelnen Pflanzenarten, aufzutreten. Diese Verlandungs-Weißmoore, Weißmoore, Rimpi-Weißmoore, Seggenreisermoore, Großseggen-Reisermoore, Großseggen-Weißmoore und Kräuter- und Grasbrüche besitzen eine größere Variationsamplitude in bezug auf die Azidität des Torfbodens. Die Braunmoor-Reisermoore oder gar die Braunmoore und Braunmoor-Brüche treten nur auf Torfböden mit höherem PH auf.“

Nach dieser Erklärung der Moortypen und der ihnen eigenen Säuren gibt er uns die Leitformen der Vegetation und ihre Beziehungen zur Azidität. Hierbei stellt er fest, daß die Bäume die größte Variationsfähigkeit besitzen und unter den Bäumen vor allen Dingen die Kiefer. Diese große „ökologische Amplitude“ läßt sich leicht erklären durch das bedeutend tiefere Wurzelwerk dieser Gewächse. Denn in den tieferen Schichten ist der Boden noch nicht so sehr von der Säuerung beeinflußt, und außerdem ist der Boden im Untergrunde viel reichlicher mit Mineralien versorgt. Dazu kommt, daß die in Frage kommenden Bäume alle auch eine Mykorrhiza haben, die wieder bei der Kiefer am stärksten ausgebildet ist. Über die Kiefer speziell wundert sich der Verfasser, weil sie auf den sauren Böden

fast ebenso gedeiht wie auf den guten. Er führt das darauf zurück, daß die Wurzelspitzen der Kiefer mit dem Oberflächentorf in Berührung stehen, der ebenfalls wie der Untergrund etwas weniger Säure hat und außerdem besser durchlüftet ist. Wir aber betonen, daß man diese Indifferenz der behandelten Bäume allgerößtenteils auf die Mykorrhiza zurückführen muß. Dies ist auch daraus ersichtlich, daß die Erscheinung bei den Fichten und Birken nicht in dem Maße ausgeprägt ist, denn diese sind nicht so obligatorisch mykotroph wie die Kiefer.

Die Mykorrhiza ist von einer bedeutend größeren Wichtigkeit, als der Verfasser anzunehmen scheint.

Von den halbwüchsigen Pflanzen, die nach seinen Beobachtungen die extrem sauren Standorte meiden, sagt er z. B., daß sie besonders an Quelladern in den Mooren vorkommen, so daß man schon allein aus dem häufigen Vorkommen gewisser Gewächse (in erster Linie nennt er hier die Weiden) die Wasseradern erkennen kann. In diesem Falle haben wir es mit autotrophen Pflanzen zu tun, die an den frischen Wassern der Quellen eine reichliche mineralische Nahrung finden. Sind die Lösungen auch sehr verdünnt, so bringt es hier die Menge der immer wieder frisch aus dem Untergrunde kommenden Lösungen mit sich, daß die Nahrung ausreicht. Ein zweites Moment begünstigt das Vorkommen dieser autotrophen Pflanzen gerade an den Quelladern: der Boden steht unter einer dauernden Auswaschung, so daß sich nicht zu viele Bodensäuren und Humusstoffe hier ansammeln können. Wie der Verfasser ja auch feststellte, fiel ihm die geringe Azidität dieser Stellen auf.

Von den 9 Reiserarten, 14 Kräuterarten und 23 Gräsern (einschließlich Seggen) gibt er uns nun den prozentualen Anteil in einigen Kurven wieder. Aus den Zahlen, die er bei dieser Bestimmung fand, muß er zugeben, daß die Gruppe der Gräser und Seggen die indifferenteste ist, während die Kräuter und Reiser ein ganz gutes Bild ergeben. Die Reiser kommen auf den Böden mit gutem PH nur ganz selten vor; ihre Zahl steigt dann mit der Säure des Bodens, um auf den sauersten Böden die höchsten Werte zu erreichen. Umgekehrt ist es mit den Kräutern. Diese haben auf den guten Böden hohe Zahlen, verlieren aber auf den schlechten. Auch diese Erscheinung läßt sich größtenteils durch die Mykorrhiza erklären. Und an dieser Stelle erwähnt der Verfasser auch die Mykorrhiza mit den Worten: „. . . ich möchte aber annehmen, daß im Laboratorium angestellte Untersuchungen die Beziehungen des Wurzelsystems der Reiser und der Mykorrhiza — vgl. MELIN (12) — zum PH-Werte des umgebenden Torfes, sowie die Abhängigkeit der Reiser von dem Sauerstoffgehalt und der niedrigen Elektrolytenkonzentration des Bodenwassers diese Tatsache beleuchten könnten.“

Und tatsächlich ist es so, daß die Reiser durch ihr stärkeres und verpilztes Wurzelwerk auf den schlechtesten Böden noch gut ihr Leben fristen können. Ein weiterer Grund trägt noch zu den besseren Lebensmöglichkeiten bei, daß nämlich die meisten Reiser immergrüne Gewächse sind, also bei jeder Gelegenheit, selbst an einem günstigen Wintertag Nahrung aus der Luft schöpfen und durch Verdunstung aus dem Untergrunde nehmen können. Daß aber die Mykorrhiza den größten Einfluß hat, zeigen uns die eben erwähnten Beispiele (Kiefer, Fichte und Birke), bei denen wir sahen, daß die obligat mykotrophe Kiefer auf besseren Standorten nicht besser gedeiht als auf schlechten. Wir fanden sogar auf unserem Boden mit dem PH 2,41 noch sehr schön gewachsene und hohe Kiefern, während

dagegen die Fichten gar nicht vorhanden waren und die Birken nur in kleinen verküppelten Exemplaren. Diese letzten beiden können eben nicht so sehr durch die Verpilzung ernährt werden.

Bei der Besprechung der Beziehungen zwischen Humifizierung und Azidität kommt KOTILAINEN zu der Ansicht, daß die Säure von der Verrottung unabhängig ist.

Zwischen Stickstoffgehalt und Säuregrad bestehen folgende Beziehungen: „ . . . Unter diesen Umständen würde ich mich nicht sehr in der Ansicht irren, daß der hohe N-Gehalt besonders der unhumifizierten Torfe eine Folge von der mehr oder weniger schwachen Azidität des Torfes ist.“

Auf Grund des in Tabelle XV<sup>1)</sup> dargestellten Materials können wir also konstatieren, daß zwischen dem N-Gehalt des Torfes und der Azidität eine gegenseitige, obgleich lose Korrelation herrscht, so daß dem niedrigen N-Gehalt gewöhnlich auch ein niedriger PH-Wert, also eine hohe Azidität entspricht. Wir können dagegen nicht genau so sicher behaupten, daß dem hohen Stickstoffgehalt, wie aus der Tabelle hervorgeht, i m m e r ein hoher PH-Wert entspräche, obwohl es gewöhnlich der Fall ist.

Die Untersuchungen von KOTILAINEN über den Kalkgehalt geben keinen Aufschluß darüber, wie der Kalk gebunden ist, obwohl man ja aus dem PH einen gewissen Rückschluß darauf ziehen kann. Allerdings entspricht einem niedrigen Kalkgehalt nicht immer eine hohe Säuerung, die Wasserstoffionenkonzentration kann natürlich auch gering sein. Dagegen pflegt die starke Säuerung immer von einem niedrigen Kalkgehalt begleitet zu sein.

Viel wertvoller als die einfache chemische Analyse wäre hier eine Analyse nach NEUBAUER oder MITSCHERLICH, die uns darüber Aufklärung gäbe, wieviel von den Nährstoffen in aufnehmbarer Form im Boden vorhanden ist. Denn darauf kommt es doch letzten Endes an. Es handelt sich also nicht einfach um den Gehalt des Bodens an Kalk, sondern — was für die Pflanzen wichtig ist — den Gehalt an aufnehmbarem Kalk.

Genau dasselbe gilt von der Bodenasche. Auch hier pflegt eine starke Anhäufung von organischen Stoffen, somit die damit Hand in Hand gehende Säuerung den Aschengehalt herabzudrücken. Noch mehr aber wird der Gehalt an für die autotrophe Pflanze aufnehmbaren Nährstoffen herabgedrückt durch die Begünstigung der Pilze und Mikroorganismen in einem solchen Boden. Wir verweisen an dieser Stelle auf die MATTERNschen Untersuchungen (13), die wir durch weitere Untersuchungen von TOMISCHAT (14) ergänzt haben, worüber später noch berichtet werden soll. Es ist also an dieser Stelle nicht einfach eine chemische Analyse am Platze, die uns nur über die ganz allgemeine Quantität der im Boden enthaltenen Stoffe aufklärt, sondern wir müssen biologisch vorgehen, um zu sehen, was die Mineralstoffe im Boden den Lebewesen geben können.

Nach dieser Beleuchtung der Bodenverhältnisse erfahren wir weiteres über das Verhältnis der Säuerung zu den anderen Standortsfaktoren. Aus der Literatur sind einige Gedankengänge besonders zu betonen. KOTILAINEN warnt vor der einseitigen Berücksichtigung der Azidität; er betont, daß auch noch andere Dinge mitsprechen. LUNDEGARDH (15) bezeichnet die Säuerung als nur einen

<sup>1)</sup> Wir geben die Tabelle hier nicht wieder, da uns an dieser Stelle nicht die zahlenmäßigen, sondern die prinzipiellen Ergebnisse interessieren.

Teil des ganzen Fragenkomplexes. Auch GAMS warnt vor dem Herausgreifen nur einzelner Faktoren aus dem Korrelat der vielen Umstände, die die Pflanzenwelt an einem Standorte bedingen.

Die klimatischen Bedingungen schwemmen einerseits, indem sie die höheren Schichten auswaschen, die Säure weg, andererseits sammeln sie sie auch wieder, wie wir an dem Beispiel unseres Bodens III sahen, wo die Meteorwässer einen ganzen Tümpel im Wald zusammengeschwemmt hatten. Bei reichlichen Niederschlägen dürfte das PH niedriger sein, als die Versuche uns zeigen. Es ist sehr wohl möglich, daß periodische Gewächse gerade in dieser Zeit gedeihen. Daneben wirken die klimatischen Einflüsse auch indirekt. Hier weisen wir auf den Einfluß von Wärme und Feuchtigkeit auf die Geschwindigkeit der biologischen Umsätze im Boden hin.

KOTILAINEN weist dann wieder hin auf das gelegentliche Vorkommen von sehr azidophilen Pflanzen auf Böden, die noch nicht so stark sauer sind. Die Erklärungsmöglichkeit der Mykotrophie läßt er sich aber wieder entgehen.

Fraglos ist richtig, was er über die Einwirkung der Schneedecke auf die Standortswahl der Pflanzen sagt. Wir möchten dabei vornehmlich an die zwei-periodischen denken; und diese sind nicht nur im hohen Norden, sondern auch in den Alpen gegeben. Viele Böden und Wäsen verdanken den durch die Kältegehinderten Umsätzen ihren großen Gehalt an wertvollen Nährstoffen, die jedoch in unzugänglicher Form (wenigstens für die höhere autotrophe Pflanze) dort vorliegen. Unter solchen Bedingungen sind z. B. die Schwarzerden erzeugt worden: die damals unter den oben besprochenen Klimaten gebildeten Humusstoffe können heute bei dem günstigeren Klima mobilisiert werden.

Das Emporheben der Moordecke durch Gefrierphänomene entzieht die emporgehobene Stelle der Einwirkung des Untergrundes. Zugleich wird die Stelle ausgewaschen. Damit muß ja die Säuerung begünstigt werden. Und ebenso wie für die Palsats gilt dies für die Moorbülten. Es wirkt diese Erscheinung wie ein starkes Ansteigen der Moorschicht. KOTILAINEN führt dafür aber mehr die Verhinderung des Hochsaugens der Bodenwässer an: „Auch erschwert das langdauernde Frosteis in den Bülten im Frühling die Aufsaugung des Bodenwassers von den auf den Bülten gewachsenen Phanerogamen.“ Seine xeromorphen Arten *Ledum palustre*, *Vaccinium vitis idaea*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium uliginosum* und *Empetrum nigrum* sind ausgerechnet mykotrophe und immergrüne Pflanzen. Infolge der Mykotrophie können diese Pflanzen keine starke Wasserdurchströmung erzeugen und auch nicht gebrauchen. *Eriophorum vaginatum* und *Carex globularis* haben beide Hydathodenwirkung. Es handelt sich um zeitweilig stark wasserdurchströmte Gewächse. Wir sahen, daß eine starke Wasserdurchfeuchtung das PH des Bodens herabsetzt. Es wäre sehr wohl denkbar, daß diese Pflanzen gerade dann ihr Wasser aufnehmen und guttieren. Er beobachtete des weiteren sehr zart gebaute Gewächse, wie *Drosera rotundifolia*, *Dr. longifolia* und *Pinguicula villosa* auf den Moorbülten. Diese sind wieder Heterotrophe! Wir glauben, daß der oben berührte Umstand mit der Entfernung des Untergrundes und der Begünstigung der Verwandlung des Stickstoffs in schwer aufnehmbare Form der Umstand ist, der uns dies Verhalten verständlich machen kann.

Daß die *Salix*-Arten, wie der Verfasser beobachtete, nicht auf Bülten vorkommen, liegt, wie oben schon bemerkt, an ihrer Autotrophie. Er spricht darüber

wie folgt: „Die endogenen Faktoren, der xeromorphe Bau ließen eine größere Standortbreite in bezug auf die klimatischen Faktoren zu, die edaphischen Faktoren begrenzen aber die Variationsbreite. Auch diese Arten zeigen, daß ‚Xeromorphie keineswegs immer Xerophytismus in ökologischem Sinne bedeutet‘, wie LUNDEGARDH (15), vielleicht vor allem auf die Untersuchung MONTFORTs (9) gestützt, behauptet.“

Wir haben aber schon oben darauf hingewiesen, daß eine Autotrophe auf den Bünten nicht genügend Nahrung finden kann.

Nach den klimatischen Faktoren kommen wir zu den edaphischen. Eine Gedankenfolge, die viel Wertvolles enthält, kann man mit folgenden Worten des Verfassers wiedergeben:

„1. Die progressive Moorentwicklung mit ihren Phasen, dem Seggentorf (gebildet von hygrophilen Cyperaceen) und dem *Sphagnum*-Torf (gebildet von xerophilen *Sphagnum*-Arten), ist weniger von nahrungsökologischen Verhältnissen, sondern hauptsächlich von Mengenverhältnissen und dem Stand des Bodennassers abhängig, da die quantitativen Wasserfaktoren primär die Zusammensetzung der Pflanzendecke bedingen, die dann die Entstehung der oligo- oder eutrophen Torfart veranlaßt.

2. Die Benennung oligotrophent und eutrophent ist wenigstens in bezug auf die meisten *Sphagnum*-Arten und Cyperaceen nach den in der Natur gemachten Beobachtungen nur soweit berechtigt, als sie bei der Torfbildung oligotrophen oder eutrophen Torf bilden, in der Hauptsache primär aber weder vom oligo- noch eutrophen Boden abhängig sind.

3. Der Sauerstoffgehalt des Bodenwassers übt unabhängig von der Azidität des Torfbodens einen großen Einfluß auf die Standortwahl der Moorpflanzen aus, die man in bezug auf den Sauerstoffgehalt in zwei Gruppen einteilen kann. Die Arten der ersten Gruppe (hauptsächlich die xerophilen *Sphagnum*-Arten und Reiser) leiden sehr unter dem geringen Sauerstoffgehalt des Bodenwassers und sind nur den Bünten und Flächen mit besserer Durchlüftung zugewiesen, während die Arten der anderen Gruppe (meistens die Graminiden) ihre unterirdischen Teile wegen des inneren Baues (große Luftbehälter und Aerenchym) in das sauerstofffreie Medium hineinsenden können.“

Daneben möchten wir aber doch auf die desinfizierende Wirkung der *Sphagnum*-Stoffe erinnern, die der Verfasser unterschätzt. Die xerophilen *Sphagnum*-Arten werden nicht allen von Anfang sympathisch sein! Die Art des Stickstoffes im Boden spielt doch eine viel größere Rolle, als der Autor meint.

Für die Gedankengänge im Sinne von MONTFORT sind die Ausführungen über den Elektrolytgehalt sehr ergänzend:

„1. Nur ein Teil der Moorpflanzen ist in seinem Vorkommen und in seiner Standortwahl offenbar von dem relativ hohen Elektrolytgehalt des Standbodenwassers abhängig. Zu dieser Gruppe gehören die ausgeprägtesten, auf Torfgrund wachsenden kalksteten Arten, bei denen die chemische Zusammensetzung des von ihnen gebildeten Torfes, die Azidität und offenbar auch der Elektrolytgehalt des Standbodenwassers in dem festesten Korrelationsverhältnisse zueinander stehen.

2. Die folgende Gruppe, zu der von den Arten meiner Statistik die übrigen sehr schwach azidophilen Arten und die meisten schwach azidophilen Arten gehören, hat offenbar schon eine größere Variationsbreite in bezug auf den Elektro-

lytgehalt des Standbodenwassers, der eine parallele, obwohl vielleicht etwas geringere Variationsbreite in bezug auf die chemische Zusammensetzung und die Azidität des von ihnen gebildeten Torfes entspricht.

3. Die beiden oben erwähnten Artengruppen bilden nicht nur eutrophen Torf, sondern sie müssen in bezug auf den Elektrolytgehalt des umgebenden Mediums als tatsächlich eutraphente Arten betrachtet werden.

4. *Der größte Teil der Moorpflanzen* und der quantitativ wichtigste Teil der torfbildenden Arten (die oligotraphenten *Sphagnum*-Arten mit einberechnet) *sind in bezug auf den Nährsalzgehalt des Bodenwassers oligotraphent, was der Tatsache entspricht, daß das Bodenwasser der Moore im allgemeinen sehr elektrolytarm ist.* Elektrolytreicheres Bodenwasser ist selten, wie auch die dadurch bedingte Flora.

5. Hieraus folgt jedoch nicht, daß alle oligotraphenten Pflanzen einen Torf bilden würden, der, was die Stickstoff- und Kalkmenge und teilweise auch die Azidität des Torfes anbelangt, entsprechend oligotroph wäre, sondern die oligotraphenten Arten verteilen sich in bezug auf die Torfbildung in zwei verschiedene Gruppen.

6. Die Pflanzengesellschaften, deren bestimmte Konstituenten die stark azidophilen Arten und die oligotraphenten *Sphagnum*-Arten sind, bilden in der Tat auch den oligotrophen, stickstoff- und kalkarmen, sehr saueren Torf, und andererseits bilden die seggenreichen, von den in bezug auf die Azidität eurotypen Arten gebildeten Gesellschaften, indem ihre lebenden unterirdischen Pflanzenteile als Speichergewebe für die Nährstoffe dienen, relativ eutrophen und weniger saueren Torf.

7. Die Pflanzendecke und die anderen Eigenschaften des Torfbodens stehen somit in bezug auf den Elektrolytgehalt des Bodenwassers nicht immer in einem festen Korrelationsverhältnis.“

Auch mit dem Elektrolytgehalt ist nicht der maßgebende Faktor voll erfaßt. Es wäre viel zweckdienlicher, auch hier die NEUBAUER- oder die MITSCHERLICH-Analyse einzusetzen. Es können Stoffe in der Lösung vorhanden, und dennoch für die Pflanze nicht zugänglich sein.

Die physikalische Bodenstruktur ist ebenfalls ein sehr wesentlicher Faktor. Auch hier die Zusammenfassung der Gedanken von KOTILAINEN:

„Schließlich können wir in bezug auf die biotischen Verhältnisse der Moorpflanzen feststellen:

1. Ein sauerstoffarmes Bodenwasser macht sogar für baulich starke Konkurrenten, wie Bäume, Sträucher und Reiser unmöglich, auf weitausgedehnten Flächen in der Pflanzendecke der Moore aufzutreten, weil sie kein bauliches Anpassungsvermögen an sauerstoffarmes Bodenwasser haben.

2. Der innere Bau mancher Moorpflanzen, zunächst der Schachtelhalme, des Schilfes und der Cyperaceen, läßt auf eine zweckmäßige Anpassung dieser Pflanzen an sauerstoffarmes Bodenwasser schließen.

3. Einige Moorpflanzen, die zwar baulich und auch sonst in ihren Faktorenansprüchen ähnlich sind, reagieren doch sehr verschieden auf die Azidität des Torfbodens und die mit derselben im Korrelationsverhältnisse stehenden Faktoren.“

Wir möchten hier vornehmlich im Hinblick auf die Niedermoor- und Sumpfpflanzen auf den Schwefelwasserstoff hinweisen, der ein ziemlich wesentlicher

Faktor ist. Die Fähigkeit, diesen zu ertragen, dürfte vielfach mit der Luftzuführung durch oberirdische Organe zusammenhängen.

Zuletzt hören wir noch von den Erfahrungen, die besonders durch die MEVIUSSchen Arbeiten (16) gestützt werden, daß nicht die Säuerung allein maßgebend ist, sondern daß durch diese die Permeabilität des Plasmas stark beeinflußt wird. Die Pflanzen sind auf wenig Kalzium usw. eingestellt und besitzen in der hohen Wasserstoffionenkonzentration eine Durchlässigkeit, die für den Standort paßt und ziemlich umfangreich ist. Ist die Konzentration der H-Ionen gering, so werden die Pflanzen mit Ca überschwemmt. Es hat keinen Sinn, auf die mehr theoretischen Ausführungen über diesen Punkt hier näher einzugehen, wir möchten nur aus KOTILAINENS tiefgründigen Forschungen einen Satz bringen, den er als Schlußbetrachtung gebraucht:

„Hier schließe ich die pflanzenökologische Behandlung meines Untersuchungsgegenstandes ab, worin ich gezwungen gewesen bin, die Tatsache hervorzuheben, daß die Azidität hauptsächlich als eine Folge, nicht als eine Ursache der Zusammensetzung der natürlichen Pflanzendecke der Moore anzusehen ist.“

Eine Beschreibung und geobotanische Bearbeitung ähnlicher Standorte, wie sie KOTILAINEN in Finnland gefunden hat, und wie auch wir in unserem *Dicranetum* bearbeitet haben, behandelt auch WANGERIN (17) in seinen „Vegetationsstudien im norddeutschen Flachlande I“.

In Ostpreußen findet sich an einzelnen Stellen als Seltenheit *Carex globularis*. Es ist nun äußerst wertvoll, daß dies Riedgras, das KOTILAINEN immer an so eigenartigen Standorten fand, auch in Ostpreußen an gerade diesen Stellen gefunden wurde.

Wir möchten die Vegetationsaufnahmen WANGERINS etwas breiter anführen. Er fand die ganzen Ericaceen und auch *Carex globularis* in folgenden Beständen, die manchen von KOTILAINEN völlig gleichen; und zwar gibt es solche mit Sphagnen und ohne diese.

„Auch die bedeutend zahlreicheren Standorte der *Carex globularis* gehören im Uszballer Forst durchaus dem moosreichen Vaccinietum Myrtilli im Hochwalde aus Kiefern (diese stets vorherrschend) mit eingesprengten Fichten an, jedoch einer Variante, die merklich stärker nach der Richtung des Nadelzwischenmoorwaldes tendiert und eine Beeinflussung durch typische Flachmoorelemente nicht mehr erkennen läßt.“

*Dicranum undulatum* gehört zu dem ständigen Inventar dieser Standorte. Eine genaue Aufnahme ist die folgende:

„In den Jagen 24 und 25, wo es sich um einen Bestand von wesentlich größerer Ausdehnung handelt, wurde folgende Artenliste notiert:

#### Moose

Hylocomium splendens 4	Georgia pellucida
Hypnum Schreberi 2—3	Polytrichum commune 2
Rhytidiadelphus triqueter 1	Sphagnum acutifolium 3
Stereodon cupressiformis 2	Sphagnum fuscum 1
Dicranum undulatum 1—2	Sphagnum robustum
Dicranum montanum	Sp. pseudopatulum 2

## Gräser

Anthoxanthum odoratum 1	Carex leporina
Molinia coerulea 2	Carex canescens 1
Calamagrostis arundinacea 2	Carex Goodenoughii 2
Deschampsia flexuosa 2	Carex globularis 2
Eriophorum vaginatum 2	Luzula pilosa 1—2
	Luzula campestris 1

## Kräuter und Stauden

Aspidium spinulosum 2	Potentilla Tormentilla
Pteridium aquilinum 2—3	Oxalis acetosella 1
Equisetum silvaticum 1	Pirola minor
Lycopodium annotinum 2	Ramischia secunda
Majanthemum bifolium 1—2	Trientalis europaea 1—2
Drosera rotundifolia	Melampyrum pratense 1

## Reiser

Vaccinium Myrtillus 4—5	Calluna vulgaris 1
Vacc. uliginosum 2	Ledum palustre 2
Vacc. oxycoccus 1	Andromeda polifolia 1
Vacc. vitis idaea 2—3	Empetrum nigrum 1.“

Diese Pflanzengesellschaft ist so kennzeichnend, daß man die Standorte von vornherein mit großer Sicherheit zu bezeichnen vermag.

In der Folge macht WANGERIN einige Bemerkungen über die Gliederung der Bruch- und Zwischenmoorwälder, aus der einige vielleicht hierher gehörende Gedanken entnommen seien. Sie gestaltet sich deshalb so schwierig, weil es Misch- und Übergangsbildungen gibt, und weil außerdem auf den einzelnen Mooren Stellen aus dem Rahmen des Gesamtbildes herausfallen. Die Übergänge sind natürlich nur an großen Mooren deutlich zu erkennen, wie bei der Zehlau, dem großen Moosbruch bei Labiau und dem Schoreller Plinis bei Pillkallen. Er gliedert die Assoziationen folgendermaßen:

„Haupttypus A.

I. Assoziation: *Spagnum*-arme Zwischenmoorwälder.

Variationen in der Zusammensetzung des Baumbestandes Kiefer, Kiefer—Fichte, Kiefer—Birke, Kiefer—Fichte—Birke.

Charakter des Unterwuchses beim Normaltypus: a) mehr oder weniger unterholzreich; b) *Ledum palustre* und *Vaccinium uliginosum* nur mehr oder weniger zerstreut und spärlich vorkommend; c) *Vaccinium Myrtillus* in der Feldschicht reichlich bis dominierend; d) *Eriophorum vaginatum* spärlich bis höchstens mäßig reichlich; e) Waldmoose reichlich bis massenhaft; f) Torfmoose nur spärlich in zerstreuten Büten und kleinen Flecken.

Fazielle Unterschiede: Zu a) unterholzarme Fazies; zu e) moosarme Fazies.

Varianten: I. Nach den Hauptmerkmalen zu a) *Myrica*-reiche Variante, zu c) *Vaccinium vitis idaea*-reiche Variante. II. Nach sonstigen Bestandteilen: farnreiche Variante, *Empetrum nigrum*-reiche Variante, *Rubus chamaemorus*-reiche Variante. Elementarassoziationen: a) *Ledum palustre*-reicher Typus, unterholzarm und weniger reich an Vaccinien wie auch an begleitenden Waldpflanzen,

Waldmoose spärlich bis ziemlich reichlich (moosreiche und moosarme Fazies), Torfmoose spärlich, mit einer *Vaccinium uliginosum*- und einer *Chamaedaphne*-reichen Variante; b) moosarmer, *Ledum*- und *Eriophorum vaginatum*-reicher Typus mit sehr licht stehenden und verkrüppelten Kiefern, den Übergang zu heidemoorartigen Assoziationen bildend. Ferner einstweilen als Subassoziatio n hier anzugliedern: *Molinia coerulea*-reicher Zwischenmoorwald.

Haupttypus B.

II. Assoziatio n: *Sphagnum*-reicher Zwischenmoorwald.

Baumbestand: Kiefer oder Kiefer—Birke, dagegen ausschließliche Dominanz der Birke fast nur in Sondertypen.

Normaltypus des Unterwuchses: a) unterholzarm; b) *Ledum palustre* reichlich bis sehr reichlich; c) Vaccinien spärlich bis ganz fehlend; d) *Eriophorum vaginatum* reichlich bis dominierend; e) Waldmoose sehr spärlich; f) Sphagnen reichlich in meist geschlossener Bodenschicht.

Fazielle Unterschiede: Zu b) an höheren Reisern ärmere Fazies; zu d) *Eriophorum vaginatum*-arme Fazies; sämtlich nicht der optimalen Fazies entsprechend.

Hauptgliederung in erster Linie nach den dominierenden *Sphagnum*-Arten; unter diesen *Sph. recurvum* fast niemals fehlend und für den Haupttypus bezeichnend, dazu 1. *Sphagnum medium*, 2. *Sph. fuscum*, 3. *Sph. rubellum*-reiche Variante.

Sonstige Varianten: Zu a) *Myrica*-reiche Variante, zu b) *Chamaedaphne*-reiche Variante, ferner *Empetrum*-reiche und *Rubus chamaemorus*-reiche Variante.

Elementarassoziatio n: An höheren und niederen Heidesträuchern äußerst arme *Sphagnum fuscum*-, *Eriophorum vaginatum*-Gesellschaft mit sehr licht stehenden, niedrigen, doch nicht eigentlich verkrüppelten Kiefern, räumlich und formationsbiologisch zu den Hochmoorassoziatio n überleitend.

III. Assoziatio n: Stark vernäbte, sumpfige Sphagneto-Betuleta ohne Reiservegetation (außer *Vaccinium oxycoccus*, von Zwergsträuchern höchstens *Andromeda polifolia*).

Haupttypus *Carex filiformis*-reich, daneben als Übergang zu Beständen der Assoziatio n II eine *Eriophorum vaginatum*-reiche Variante.

Während in der Assoziatio n I die Bäume gutwüchsig und meist noch von ansehnlicher Höhe sind, ist in II und III die Entwicklung der Waldschicht stets merklich und oft wesentlich schlechter; dabei ergibt sich auch oft, besonders auf dem Randgehänge der Hochmoore und größeren Heidemoore, aber auch bei manchen an Sphagnetum-Schwingmoore sich anschließenden Beständen, neben der verringerten Höhe eine zunehmende Lichtstellung der Bäume, die nach der Seite der Physiognomie hin die Abgrenzung der noch als Zwischenmoorwälder im eigentlichen Sinne zu bezeichnenden Gesellschaften ebenso zu einer fließenden macht, wie es bezüglich der Zusammensetzung der Feld- und Bodenschicht vielfach der Fall ist."

Wir möchten diese ganzen Assoziatio n als eine mehr oder weniger vorgeschrittene Entwicklung zum ombrogenen *Sphagnum*-Moor auffassen. Diese geht aber nicht immer bis zum Ende der Klimax.

Vielleicht hat die Bestandestreue der Ericaceen eine gewisse Berechtigung, die in der Beschaffenheit des Rohhumus ihre Erklärung findet, soweit nicht

klimatische und historische Faktoren mitsprechen. Auch hier möge WANGERIN zu Wort kommen:

„Zur Frage der Bestandstreue ergibt sich aus diesen vergleichenden Betrachtungen im Verein mit den für die norddeutschen Zwischenmoorwälder oben ausführlich dargestellten Verhältnisse, daß Arten des obersten Treuegrades, d. h. solche, die einer bestimmten Assoziation so gut wie ausschließlich eigen wären,



Abb. 1. *Ledum palustre*

überhaupt nicht vorhanden sind. Die Bezeichnung ‚bestandestfest‘ würde vielleicht *Ledum palustre* verdienen, wenn wir dieselbe nicht in dem engsten Sinne einer Bevorzugung nur einer einzigen Assoziation auslegen, sondern ihren Geltungsbereich auf eine Gruppe von insbesondere auch ökologisch nahe verwandten Assoziationen ausdehnen. In dem gleichen Sinne würde man etwa *Vaccinium uliginosum*, *V. oxycoccus*, *Empetrum nigrum*, *Andromeda polifolia*, *Eriophorum vaginatum* bestandeshold nennen können, wenn auch deren Amplitude weit über den Rahmen dieser Assoziationsgruppe hinausgeht.“

Nachdem wir die Assoziation als Ganzes betrachtet haben, ist es unsere Aufgabe, die einzelnen Pflanzen etwas eingehender zu

behandeln. Um die Arbeit nicht allzu umfangreich zu gestalten, schritten wir zu einer Auslese der Pflanzen und wollen vornehmlich die interessantesten derselben, die Ericaceen, herausgreifen.

Eines der ausgesprochensten und vielleicht auch der merkwürdigsten Hochmoorgewächse ist

*Ledum palustre* (Abb. 1).

KOTILAINEN (7) hebt die auch von uns gefundene Tatsache hervor, daß die Azidität der Standorte sehr groß ist. Er fand einen Boden, der eine seichte Oberschicht mit sehr starker Säuerung aufwies, während die Unterschicht nur geringe Säurewerte besaß. In 0,3—0,4 m Tiefe betrug das PH nur 5,7, in der Oberschicht von 0,1—0,2 m dagegen 3,4. Er betont, daß die Aziditätsamplitude ungefähr bis 4,5 gehe.

Die überirdischen Organe dieser immergrünen Pflanze sind stark xeromorph gebaut. Die Blätter sind lederartig, ihre Unterseite ist eingerollt und noch dazu mit rostbraunen Haaren dicht bedeckt. Die obere Epidermis ist gut kutikularisiert. Die Pflanze variiert nur wenig an den verschiedenen Standorten (nach STENSTRÖM, 18). Es dürfte aber nicht angebracht sein, diese Xeromorphie nur auf die immergrüne Natur der Blätter zurückzuführen. Im Inneren der Rollblätter ist ein starkes, lockeres Schwammparenchym vorhanden. Die Behaarung möchten wir durchaus nicht bloß als einen Transpirationsschutz deuten, sondern möchten annehmen, daß sie auch vielfach als Schutzmittel gegen die Benetzung der Stomata dient.

Betrachten wir das Wurzelwerk der Pflanze, so wird uns der Bau der oberirdischen Organe leichter verständlich.

Die Wurzeln streichen verhältnismäßig seicht. Die Langtriebe gehen nicht übertrieben tief in das Moor hinein. Es stimmt also die Annahme KOTILAINENS, daß die Pflanze ausgerechnet in den sauersten Bodenschichten mit ihrem Wurzelwerk sich heimisch fühlt. Betrachtet man sich die ungemein feine Verzweigung der Nebenwürzelchen, so könnte man eigentlich eine Trockenheitspflanze auf dem nassen Moore vermuten. Doch widerspricht dieser Ansicht das mikroskopische Bild. Die feinen, dünnen, dicht verzweigten Würzelchen bestehen aus einem feinen Zentralzylinder, der auffallend wenig Gefäße führt; dagegen ist der Siebteil und auch die Endodermis im CASPARY-Zustand kräftig entwickelt. Wenn wir schon annehmen, daß die Bildung eines Wurzeldruckes durch so wenige Zellen der Rinde nicht kräftig wird, so spricht doch gegen eine

gute Resorption das gänzliche Fehlen jeglicher Wurzelhaare. Wirklich echte, durch die Trockenheit bedingte Xerophyten pflegen sehr kräftige, oft starre Wurzelhaare zu führen. Betrachtet man die Präparate genau, so findet man in allen Epidermiszellen eine Unmasse von verdauten und noch unverdauten Pilzen.

Wir untersuchten absichtlich die Gewächse im Winterbilde, weil uns bekannt ist, daß die Herbstwurzeln oder ihr Herbstzustand besonders kräftige Verpilzung erkennen läßt. Auf der Epidermis, die wir wegen ihrer eigenen Gestaltung Mykodermis nennen wollen, kriechen die hier meist feinen Pilz-Langhyphen. In jede Zelle, die sehr groß tafelförmig gestaltet ist, dringt ein Pilzfaden ein, um sich hier weit zu verzweigen. Man sieht diese unverdauten, noch lockeren Pilze besonders in der der jungen Spitze zugewandten Zone. Mit dem Älterwerden findet auch hier, wie RAYNER (19—21) so überzeugend dargestellt hat, eine Verballung der Pilze statt. Es bleibt zuletzt in den Zellen eine braune Masse übrig, worauf dann die Zellen abgestoßen werden. Zu einer oftmaligen Infektion, etwa in dem Sinne wie bei den Orchideen (22), kommt es hier nicht, sondern die Zellen werden zunächst von den Pilzen förmlich überflutet. Nur ganz wenige Teile der Mykodermis sind pilzfrei. Eine Wasseraufnahme kann durch diese extrem verpilzten Zellen insofern nicht in Betracht kommen, als dadurch ein Wurzeldruck erzeugt wird. Immerhin wird aber eine geringfügige Wasseraufnahme durch die stets unverpilzte Endodermis möglich sein.

Die Mykodermis des Porstes ist auch im Alter nicht gegen Schwefelsäure resistent. Es werden die nur mit Pilzbällen gefüllten Zellen abgestoßen, wobei die Endodermis ziemlich vollkommen ohne Kurzzellen verkorkt. Später erfolgt dann ein Abstoßen der gesamten Wurzelzaser. Die dichte Verflechtung des Bodens mit den Würzelchen trägt zur Torfbildung mit bei, da die Wurzeln durch ihre Korkhülle und die verholzten Elemente (zumal in einem Boden, der wie dieser für die Umsätze ungünstig ist) einer Verwesung leicht widersteht.

Sieht man diese Pflanze im Frühjahrskleide, wenn sie neu treibt und Schnee und Eis in den Oberschichten ganz aufgetaut ist, so sieht die Wurzel ganz anders aus. Dann sind die ungemein fein verzweigten neuen Wurzeltriebe und Spitzen unverpilzt, und das Gewächs kann Wasser in etwas größerer Menge aufnehmen, wie das ja der bedeutenderen Transpiration in den jungen, sich entwickelnden Blättern entspricht. Ob diese Transpiration weniger der Förderung von Nährsalzen als der von Verdauungsprodukten der Pilze

dient, möge dahingestellt sein. Die Blätter können, auch wenn sie ihre Stomata öffnen, etwas reicher transpirieren. Es mögen daher kurze Zeit auch etwas Ammonsalze aufgenommen werden. Aber gar bald erlischt das Leben auf den Mooren, im Hochsommer pflegt alles wie tot dazuliegen. Diese Erscheinung ist vielleicht darauf

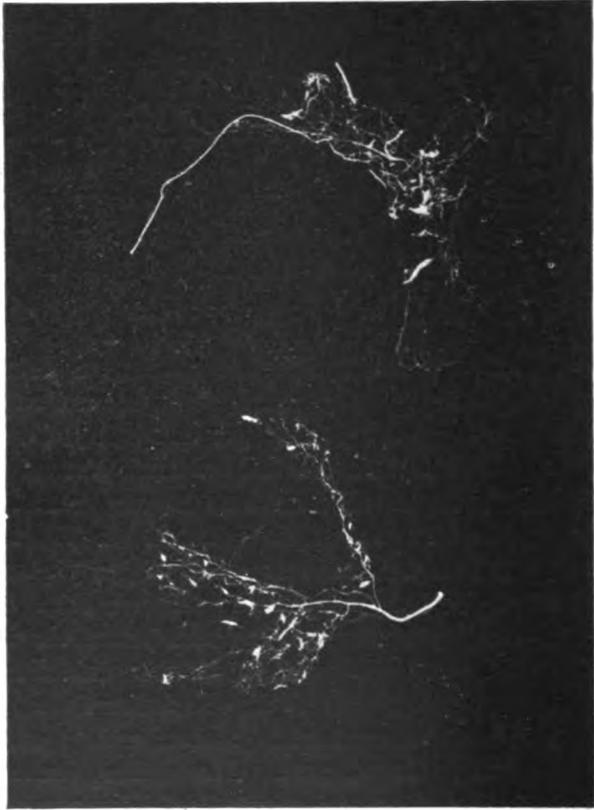


Abb. 2. *Chamaedaphne calyculata*

zurückzuführen, daß infolge der geringeren Niederschläge die Säuerung ansteigt. Die Vegetationszeit der Moore — so paradox es klingt — fällt mit der Zeit der Niederschläge zusammen. Das kann durch das Wasser natürlich nur insofern bedingt sein, als durch das Oberflächenwasser die Säure ausgewaschen wird. Es könnte sehr wohl möglich sein, daß oben auf den Mooren in dieser Zeit sogar eine reichlichere Ammonbildung einsetzt, die, wie wir ja wissen, durch die Säuerung und mehr noch durch die *Sphagnum*-Stoffe gehemmt wird.

Eine ebenso auf den Norden und Osten beschränkte oder doch wie der Porst nur hier reichlich vorkommende Pflanze ist die ebenfalls immergrüne

*Chamaedaphne calyculata* (Abb. 2).

Der Torflorbeer hat immergrüne derbe Blätter, die an der Unterseite mit einem Wachsbelag versehen sind. Sie sind beiderseits mit Schuppen versehen. Die Unterseite ist braun. Die Blätter sind ziemlich groß und breit. Wir haben hier kein Rollblatt vor uns, wenn auch der Rand etwas umgebogen ist. Wenn wir auch hier xeromorphe Blätter vor uns haben, so soll damit noch nicht gesagt sein, daß sie (die Öffnung der Stomata vorausgesetzt) nicht doch transpirieren können. Besonders die jungen Blätter sind zu einer Verdunstung von Wasser befähigt. Das, was die Pflanze besonders merkwürdig macht und ja auch der Zweiperiodizität des Moorbodens verständlich ist, ist die Tatsache, daß sie zweimal blüht, einmal im Frühjahr, das andere Mal im Herbst. Die Angaben mancher Floren mit nur einmaliger Blütezeit sind unrichtig<sup>1)</sup>. Die Pflanze ist nicht ganz so ausgesprochen auf die sauersten Böden beschränkt wie die vorige, doch da sie ebenfalls sehr seicht wurzelt, ist sie ebenso in der sauersten Bodenschicht des Humus zu Hause. Jedoch ist es nicht die Säuerung allein, sondern wir möchten eher annehmen, daß es der mangelnde Stickstoffumsatz ist, der den Standort bedingt; denn wir finden die Pflanze auch auf finnischen Moorflächen (7), die sogar ein für einen Ackerboden gutes PH aufweisen (7,1 und 5,9 in der Oberzone). Diese Böden sind dagegen mehr unten zur Säuerung geneigt, indem sie schon etwa 10 cm tiefer PH 6,2 bzw. 5,7 zeigen. Der ganze Bestand aus Wacholder, Birken und Föhren trug sonst nur noch *Molinia coerulea* und *Potentilla tormentilla*, also Gewächse, die nicht auf die extrem sauren Böden gehen. Die Moose *Sphagnum Warnstorffii*, *Aulacomnium palustre*, *Hylocomnium proliferum* und *Drepanocladus intermedius* sind ebenfalls keine solchen, die wir auf den sauren Böden finden.

Die Wurzeln lassen wie bei *Ledum* im Mikroskop eine starke Verpilzung erkennen. Die Pilze sind aber hier nicht mehr im Frühjahr in unverdaulichem Zustande anzutreffen, sondern wir finden sie dann sämtlich verballt. Das Bild der Wurzel wollen wir aus Stücken, die wir dem botanischen Garten entnahmen, schildern.

<sup>1)</sup> Dies gilt übrigens für viele andere Moorpflanzen ebenfalls. *Schwartzia*, *Andromeda*, *Oryzococcus*.

Die Spitze der feinst verzweigten Würzelchen ist metakutisiert und völlig geschlossen. Kurz hinter ihr finden wir in wenigen Zellen noch lebensfähige Pilze. Es macht den Eindruck, als ob diese verspätet infiziert wären. An der Oberfläche der Spitze ist dagegen das Außenmycel in guter Ausbildung. Die Mykodermis der übrigen Wurzel ist ganz eigenartig gestaltet. Die Oberfläche ist im allgemeinen mit koballierten verkorkten Zellen besetzt, die im Inneren Pilzballen erkennen lassen. Ihre Wände sind gegen Chromsäure und gegen Schwefelsäure resistent, sie sind eben metakutisiert, da sie Holzreaktion geben. Die Einzelzellen sind nicht fest miteinander verknüpft, sondern werden durch die Säure einzeln herausgelöst. Zwischen diesen Zellen sind Kurzzellen eingestreut, die einen lebenden Protoplasten besitzen und sich vorwölben, so daß sie bei oberflächlicher Betrachtung den Anschein von Wurzelpapillen erwecken. Diese Zellen sind sehr reichlich und regelmäßig verteilt. Dies ist uns wieder ein Zeichen dafür, daß die Verpilzung nicht da erfolgt, wo der Pilz „will“, sondern nur da, wo es die Pflanze „vorbereitet“. Diese zuletzt besprochenen Zellen lösen sich ohne weiteres in den Säuren. Es ist klar, daß durch sie eine Wasseraufnahme jederzeit, auch im verpilzten Zustande möglich ist. Die Wurzel gehört mit ihrer Kurzzellen-Mykodermis wohl zu den eigenartigsten unter den Ericaceen.

Noch eine andere Eigenschaft besitzt die Wurzel, die uns merkwürdig anmutet. Sie treibt nämlich zweimal aus, einmal im Frühjahr und einmal im Herbst. Es läßt sich dies ganz deutlich an jeder kleinsten Wurzel erkennen. Man sieht unter dem Mikroskop überall deutlich die Manschette, die die alte metakutisierte Wurzelspitze hinterlassen hat. Sie ist durchbrochen worden.

Wenn die Wurzel altert, dann verschließt sie sich durch die bisher nur CASPARY-Streifen zeigende Endodermis, die verkorkt. Alle dicken Wurzeln zeigen hier, wie übrigens auch bei anderen Ericaceen, Wurzelknospen. Diese schlafen und sind nur durch kleine Buckel angedeutet. Sie sind mit einer Metakutis versehen. Deutlich läßt sich dies verstehen, wenn man bedenkt, daß eine Wurzel dann wertlos geworden ist, wenn alle Mykodermiszellen außer Wirkung gesetzt sind. Dann kommen neue Wurzeln heraus und die alten „vertorfen“.

Mit dem Sumpflorbeer nahe verwandt ist die mit ihm früher sogar in eine Gattung gebrachte

*Andromeda polifolia* (Abb. 3).

Die feinen Würzelchen dieses Gewächses streichen ungemein seicht. An dem weithin kriechenden Stengel sitzen ihrer nur wenige, die aber dafür sehr fein verteilt sind. Das Ende der Stämmchen erhebt sich. Die Wurzeln verlaufen nach dem Gesagten

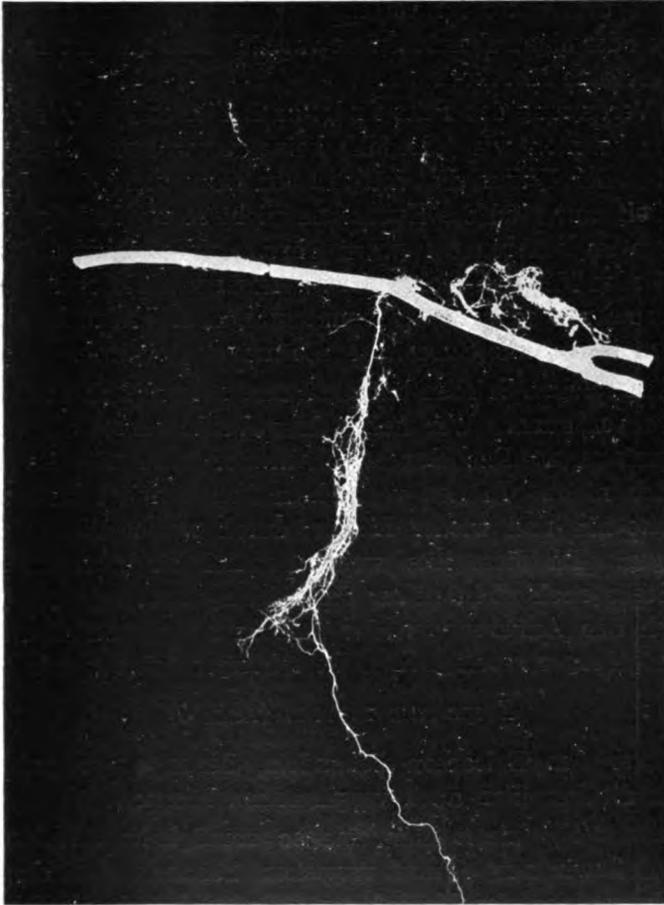


Abb. 3. *Ardromeda polifolia*

in den am meisten zur Säuerung neigenden Bodenschichten. Die Pflanze ist daher auch auf wenig sauren Böden verbreitet, ohne indes die starke Säuerung zu fliehen. Die Bodentiefe von 10 cm wird kaum erreicht. Der Boden von PH 5,1 bis PH 5,5 zeigt reiches Vorkommen. Wir finden die Pflanze nicht auf den trockeneren Bülden, wohl aber in voller Eintracht mit den Moosen, die keine allzu starke Säuerung vertragen. KOTILAINEN bezeichnet sie als

eurytop. Über die oberirdischen Organe läßt sich MONTFORT aus. Er hält dafür, daß die xeromorphen Eigentümlichkeiten mehr durch das Wintergrünen bedingt sind. Die Reifbeläge kann man sehr gut als Benetzungshemmung deuten. Doch wird jeder einsehen, daß die Rollblätter einen Transpirationsschutz darstellen.

Die Wurzelspitze ist verschieden, je nachdem, ob man eine treibende oder eine ruhende Spitze vor sich hat. Die eine hat Stärke, die andere eine Metakutis.

Die Verdauung der Pilze findet auch hier im Herbste statt. Im Frühjahr konnten wir jedenfalls keine unverdauten Pilze finden. Die Gestalt der Wurzel hat mit der von *Chamaedaphne* eine große Ähnlichkeit, nur sind die Kurzzellen nicht so regelmäßig wie dort. Die Masse im Inneren der gegen Chrom- und Schwefelsäure resistenten Zellen löst sich nicht in Schwefelsäure. Bei der Betrachtung der Chromsäurepräparate bekommt man den Eindruck, als ob in die Zellen innen eine Suberinlamelle aufgelegt würde.

Neben solchen Trieben hat die Pflanze aber auch noch andere, die Pilze verdauen. Wir haben hier Verhältnisse, die mehr an *Ledum* erinnern. Das Durchwachsen der Metakutis im Herbste findet sich nicht. In den verkorkten Zellen findet man auf der Außenseite hin und wieder Löcher, durch welche die Pilzhyphen eindringen. Da diese hier wenig deutlich sind, wollen wir an dieser Stelle noch nicht näher darauf eingehen.

Nach den Auffassungen der modernen Systematik und nach den Königsberger serologischen Forschungen können wir

*Empetrum nigrum* (Abb. 4)

ruhig unter den Ericaceen behandeln, denen es so nahe steht, daß man die Familien auch verschmelzen könnte.

KERNER (23) bietet hier eine so vorzügliche Abbildung des Blattes, daß wir nur darauf verweisen können. Auf den ersten Blick erkennt man den Xerophyten. Daß dabei ein Verschuß des Blattes gegen eindringendes Wasser auch gegeben ist, ist beachtenswert. Auch KERNER hebt das Vorhandensein eines lockeren Schwammparenchyms und vieler Stomata hier und auf der Blattunterseite von *Andromeda* hervor. Die Wurzeln dieser immergrünen Büsche gehen ebenfalls nicht tief in die Erde. Die Pflanzen sind stark auf die sauren Standorte abgestimmt, sie ziehen sich auf weniger sauren Standorten meist auf die saureren Bülden zurück. Wir erwähnen hier wieder KOTILAINEN, der diesen Umstand in seiner an guten Beobachtungen reichen Arbeit stark hervorhebt.

Die meisten dünnen Wurzeln sind hier im Frühjahr auf dem Zustande der Pilzverdauung. Nach unseren Erfahrungen ist gerade *Empetrum* zum Studium dieses Mykorrhizatypus ein sehr geeignetes Objekt.

Auf der tafelförmigen Mykodermis kriechen reichlich dicke Pilzhyphen. Sie entsenden fast in jede Zelle einen Ast. Diese

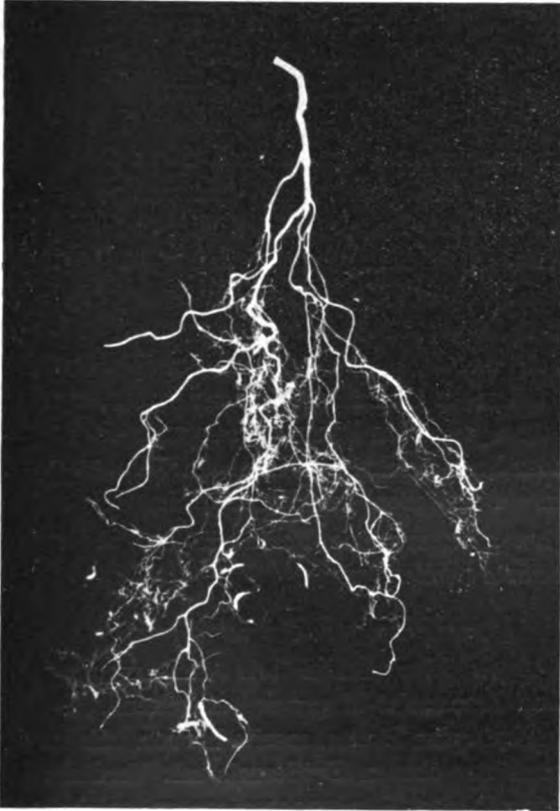


Abb. 4. *Empetrum nigrum*

war vor der Verpilzung stärkeführend. Die Löcher sind daher an Schwefelsäurepräparaten zu erkennen. Gegen Chromsäure sind die Mykodermen nicht resistent, sie werden abgeworfen, und die verkorkte Endodermis tritt in den älteren Wurzelteilen an die Stelle der Metakutis.

Die Wurzelknospen haben eine Metakutis und sind hier sehr deutlich zu erkennen. Auch die Verballung der Pilze ist gut zu studieren.

Die Pflanze besitzt auch im Winter unverpilzte Wurzelteile und kann also auch dann etwas Wasser resorbieren. Ob das mit der früh einsetzenden Blüte zusammenhängt, können wir hier nicht entscheiden, möchten es aber annehmen.

Wie alle bisher untersuchten Pflanzen zeichnet sich auch *Empetrum* durch sehr enge Gefäße im Holze aus. Man hat dafür den Begriff des Ericaceenholzes geprägt. Wir sehen in dieser Einrichtung ein Mittel, die Adhäsion an den Wandungen der Leitzellen zu erhöhen und gleichzeitig die Tüpfel ins Lumen der Zelle hineinzuziehen, wodurch die Wassersäulen schwer reißen. Die Gewächse können dadurch ein starkes Eintrocknen leicht ertragen, ohne daß die Wasserleitungsbahnen unterbrochen werden. Die Gewächse sind aber keine Xerophyten durch ihren Standort, der zwar im Winter eingefroren ist und durch den Frost keine Wasseraufnahme ermöglicht, obwohl bei dem immergrünen Laub auch im Winter eine Transpiration erfolgt, sondern sie haben die Einrichtung infolge der geringen Wasserdurchströmung als Wirkung der Mykorrhiza. Es sind nur beschränkte Teile zur Wasseraufnahme befähigt, und dadurch kann die Pflanze unbeschadet die größte Trockenheit ertragen. Die Pflanzen saugen sich, soweit sie immergrün sind, allerdings auch im Winter mit Wasser voll. Die nicht-immergrünen verschließen die Wurzeln im Winter häufig völlig.

Als nächste immergrüne Form in der Reihe der Ericaceen solcher Standorte wollen wir

*Vaccinium oxycoccus* (Abb. 5)

besprechen. Auch hier haben wir den xeromorphen Bau der Blätter. Diesen beschreibt MONTFORT eingehend. Er hebt besonders die starke Kutikula der Blattoberseite hervor. Es ist sowohl Innen- wie Außenwand der oberen Epidermis mit Verdickungen versehen. Er vergleicht mit den Hochmoorericaceen solche von „Mineralböden“. Wir wollen an Stelle des Wortes „Mineralboden“ lieber setzen: von Böden, die oben nur eine geringe Humusschicht hatten; denn auf einen eigentlichen Mineralboden geht die Pflanze nicht. Es ist immerhin sehr interessant, daß er keinerlei ins Gewicht fallende Unterschiede bei beiden fand. Sie sind eben beide xeromorph.

KOTILAINEN unterscheidet zwischen *Oxycoccus paluster* und *O. microcarpus*. Die letztere Varietät soll die saueren Böden bevorzugen. Immerhin haben beide Sorten eine große Breite des Vorkommens auf Böden von weniger als PH 3.6 bis zu Ph 6.5.

Wir müssen aber bedenken, daß die Pflanze ganz seicht wurzelt und infolgedessen doch in den sauersten Bodenschichten zu Hause ist.

Das Wurzelwerk ist ziemlich spärlich und streicht sehr seicht von dem kriechenden Rhizom in den Boden. In seiner Anatomie

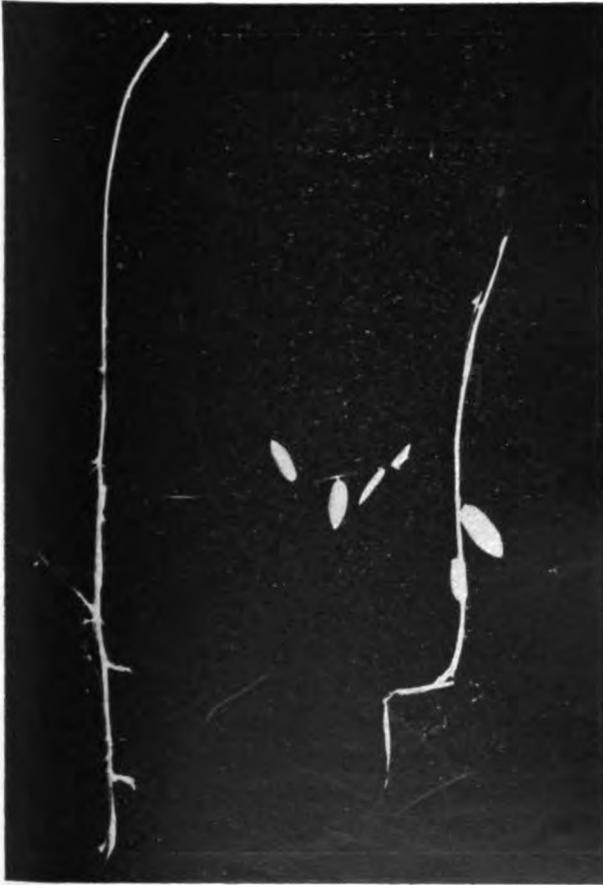


Abb. 5. *Vaccinium oxycoccus*

ist es ganz ericaceenhaft, so daß wir es nicht weiter zu besprechen brauchen. — Etwas eingehender zu würdigen ist

*Vaccinium Vitis Idaea* (Abb. 6).

Die Preiselbeere wird von KOTILAINEN ebenfalls zu den stark azidophilen gerechnet. Von ihr gilt dasselbe wie von den obigen. Das Vorkommen auf Mineralboden wird auch hier leicht vorge-täuscht, weil sie ebenfalls sehr seicht wurzelt und sich an die Moos-

schicht hält. Ihr Hauptverbreitungsbezirk liegt zu ca. 84% bei den tiefen Zahlen unter PH 3,6.

Was man nach diesen Gedankengängen von dem Vorkommen nach MONTFORT auf Mineralboden zu halten hat, ergibt sich von selbst. Wir betonen allerdings, daß die zitierte Arbeit 1918 ange-



Abb. 6. *Vaccinium Vitis Idaea*

fertigt wurde, zu einer Zeit, als die Verhältnisse noch nicht so klar-gestellt waren.

Immerhin ist die Blattform, wenn man die Sonnenblätter betrachtet, auf beiden Böden ganz gleich. Wir betonen die Verkorkung der Atemhöhlen. Was die Schuppen auf der Unterseite zu bedeuten haben, ist schwer zu entscheiden. Die Dicke der Blätter dürfte auf eine Art Kohäsionsmechanismus zur Wasserspeicherung, besonders in der Epidermis, zurückgeführt werden. Die Unterseite der Blätter ist reich an Schwammparenchym-Interzellularen

und Spaltöffnungen, so daß auch hier zu gegebener Zeit eine kräftige Transpiration erfolgen kann.

Unserer Beschreibung des Wurzelwerkes von trockenen Standorten haben wir eigentlich nichts mehr hinzuzufügen. Es ist auf den nassen Orten im Prinzip genau so gebaut. Dies läßt sich durch die Mykorrhiza leicht verstehen.

Die Mykodermis ist hier im Frühjahr ganz dicht mit Pilzen erfüllt. Ein großer Teil der Zellen führt verballte Pilze. Diese sind gebaut, wie wir es gleich von *Vaccinium Myrtillus* schildern wollen.

Daneben sind noch Wurzelstellen vorhanden, die eine reiche Besiedelung mit noch nicht angegriffenen Endophyten aufweisen. Ja, es hat den Anschein, als ob noch unverpilzte junge Wurzelteile vorhanden wären. Wir haben das bis jetzt eigentlich bei allen Immergrünen gesehen. Es ist eben immer noch eine Wasserresorbierende Zone vorhanden, die bei Eintritt von etwas günstigeren Bedingungen funktioniert, wie es das Laubwerk erfordert. Einen so restlosen Wurzelverschluß, wie bei den Nadelhölzern, haben wir hier nicht. Dafür fehlt aber auch das dort vorhandene Transfusionsgewebe zum Abriegeln der Blätter gegen die Wasserbahnen. Nach den Erfahrungen der Gärtner tut man bei „frostempfindlichen“ Nadelhölzern und immergrünen Ericaceen gut, im Herbst unter Umständen reichlich zu gießen. Dann saugen sich die Blätter mit Wasser voll und überstehen den Winter, der hier eine Unterbindung der Wasserzufuhr bedeutet und dadurch leicht ein Vertrocknen der Blätter verursacht. Ob in diesem Sinne nicht der eigenartige Kohäsionsmechanismus beim Gefrieren der Rhododendren etwas zu bedeuten hat, möge dahingestellt sein. Wir verweisen hier auf NEGER (24).

Wir kommen nun zu den blattwerfenden Vaccinien. Von diesen möchten wir zuerst das durch seine immergrünen Stengel im Winter immer noch etwas assimilierende

*Vaccinium Myrtillus* (Abb. 7)

behandeln.

Über dieses bringt uns KOTILAINEN nur sehr wenig. Es scheint in Finnland selten auf solchen Böden zu gedeihen. Immerhin gehören die beiden von ihm genannten Stellen zu den ganz sauren (PH 3,1 und PH 3,8).

Bei uns ist das Gewächs sehr häufig, sowohl auf Moor wie auf Waldböden, sobald die Säuerung und der Rohhumus beginnt. Da.

wo es auf „Mineralböden“ sich findet, ist das auch nur zum Schein, denn die Pflanze wurzelt sehr seicht und geht nur im tiefen Rohhumus nach unten.

Die Formen der Buchenwälder sind bereits in der MATTERN-

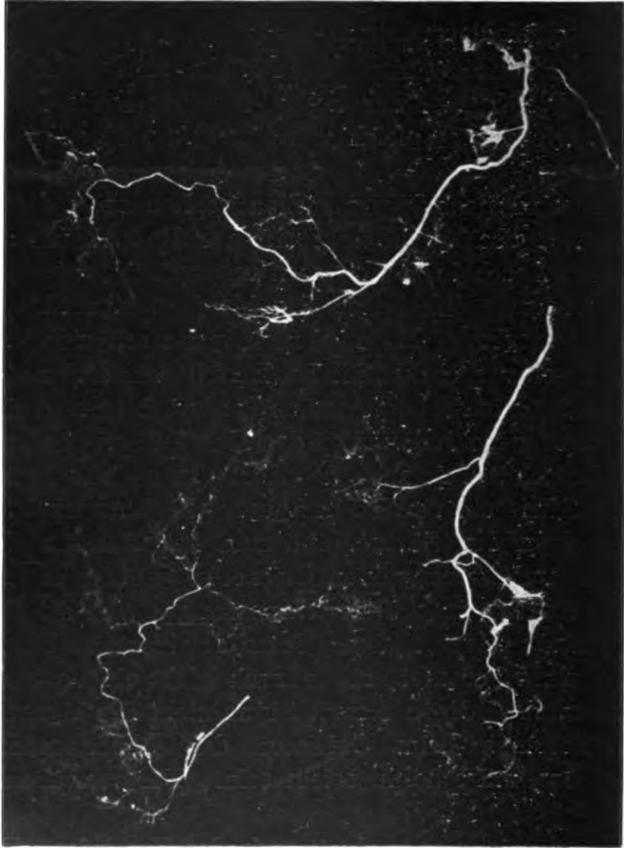


Abb. 7. *Vaccinium Myrtillus*

schen Arbeit (13) gewürdigt; wir wollen hier das für die sauren und nassen Böden Bedeutsame nachtragen.

Die Pflanze ist sehr befähigt, verschiedene Blätter je nach der Besonnung zu bilden. Nach unseren Erfahrungen in den Hochalpen kann es zu einer fast völligen Verkümmern der Blätter kommen. Sie sind dann meist hochrot gefärbt und nur bis  $\frac{1}{2}$  cm lang. Die Pflanze ist dazu hervorragend befähigt, weil sie sowohl ein Rutengewächs wie eine Blattpflanze sein kann. Von der Umwelt ist sie durch ihre hochgradige Mykotrophie zudem weitgehend

unabhängig. Der Blattbau ist daher auch hier sehr schwankend. Wir kennen xeromorphen Bau von sonnigen Stellen und fast hygromorphen Bau von schattigen, nassen Orten.

Kennzeichnend für die teilweise große Wasserdurchströmung ist es, daß die Keimblätter und die ersten Blätter dieser Pflanze Wasserspalten besitzen. Die Pflanze kann also zeitweise reichlich Wasser aufnehmen. Wir sehen wieder eine ungemein plastische Pflanze vor uns. Es ist durchaus möglich, daß die Pflanze imstande ist, einen gewissen Prozentsatz auch von Stickstoff am gegebenen Standorte und zur gegebenen Zeit aufzunehmen. Zur trockenen Zeit und besonders im Winter verhält sie sich aber wie ein Rutengewächs.

Das Wurzelwerk ist daher sehr interessant. Im Winter sind die hier etwas tiefer streichenden Wurzeln sehr stark verpilzt. An den jüngeren Stellen sind die Pilze noch nicht verballt. Dagegen sind an den älteren Stellen meist nur noch deren Ballen übrig. Die Zellen der Mykodermis beginnen sehr frühzeitig Kork aufzulagern und zu metakutisieren. Es bleibt dann die Stelle, an der die Pilze aus dem Außenmyzel ihre Gleba in die Zellen treiben, unverkorkt. Wenn man die Mykodermis in Chromsäure löst, so bleibt dieses auffallende Loch oder mehrere derselben offen. Wir konnten beobachten, daß diese Verkorkung zunächst nur die Außen- und Tangentialwand angeht, erst später nach innen greift. Ziemlich spät tritt die Endodermis an die Stelle des Korkabschlusses, zuletzt nur an den dickeren Wurzeln das Periderm. Wurzelaugen und dergleichen fanden wir auch hier.

Es bleiben somit nur wenige Wurzelteile zur Wasseraufnahme im Winter fähig. Eine große Anzahl von Nebenwurzeln (oder auch alle) sind bis zur Spitze metakutisiert.

Es müssen daher irgendwelche Wasserspeicher im Winter vorhanden sein. Diese haben wir in Form der knolligen Rhizome, die nur wenige Leitbündel enthalten und in der Hauptsache ein Speichergewebe für Wasser und Stärke darstellen. Sie bestehen aus Holzparenchym und Ersatzfasern.

Die Stämmchen sind immergrün und tragen im Winter keine Blätter. Dadurch wird die Transpiration herabgesetzt, ohne daß jedoch die Assimilation in den günstigeren Zeiten unterbunden würde. Das Schwammparenchym dieser assimilierenden Stämmchen ist groß, steht aber nicht direkt durch die Atemporen mit der Außenwelt in Verbindung. Die Atemsporen liegen am Palisadengewebe. Die Epidermis ist stark verdickt und verkorkt zum Schutz

gegen die äußeren Einflüsse, denen die Pflanze im Winter in erhöhtem Maße ausgesetzt ist. Unter der Epidermis folgt eine zwei- bis dreischichtige Hypodermis mit starken Wandungen. Die Spaltöffnungen sind nicht versenkt. Auf diese Rutenzweige kann sich die

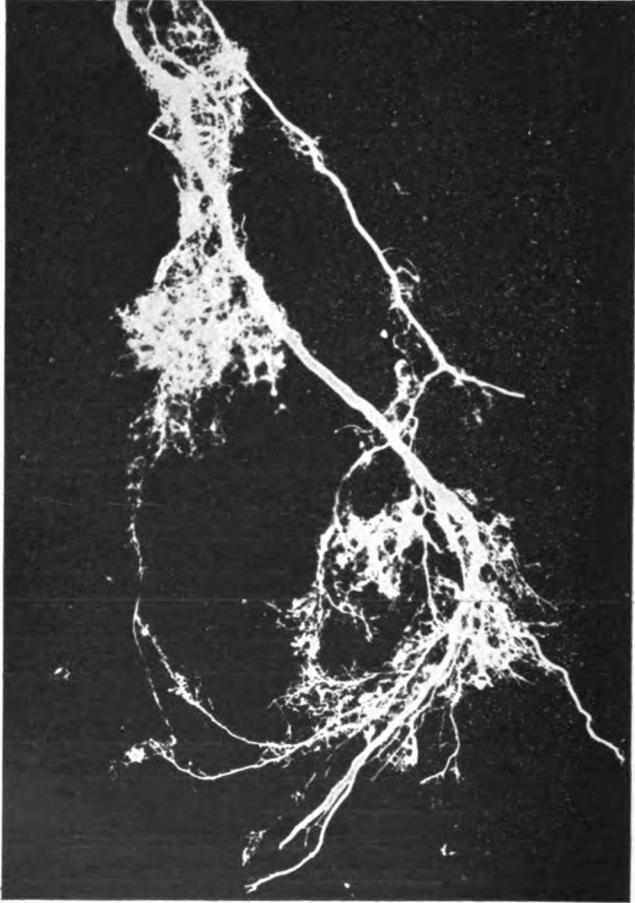


Abb. 8. *Vaccinium uliginosum*

Pflanze jederzeit beschränken. Ebenso kann sie ihre Wurzeln ganz durch Kork verschließen. — Im Bau des Wurzelwerkes schließt sich

*Vaccinium uliginosum* (Abb. 8)

ganz nahe an, so daß es nicht angebracht sein dürfte, noch einmal alle Einzelheiten zu behandeln.

Das Wurzelwerk ist dicht verzweigt, aber seicht streichend. Wir fanden hier nur im Frühjahr alle Wurzelteile verschlossen

und gegen die Säuren mehr oder minder resistent. Das ist durch das Fehlen aller stärker verdunstenden Teile voll verständlich. Über *Vaccinium uliginosum* äußert sich KOTILAINEN im selben Sinne wie bei *Empetrum*. Durch das seichte Wurzelwerk scheint sie auf wenig sauren Böden zu gedeihen, aber das stimmt nicht, denn gerade wie vorher wurzelt ja auch diese Pflanze in den obersten und also auch den sauersten Schichten. Unsere Erfahrungen gründen sich auf Beobachtungen verschiedenster Provenienz. Wir haben die Pflanze untersucht aus den Hochmooren des Fichtelsees, aus solchen im Allgäu und der schwäbisch-bayrischen Hochebene. Desgleichen kennen wir sie von Waldstandorten in Ostpreußen an den erwähnten Örtlichkeiten. Immer ist sie in der obersten Schicht eingewurzelt, die unter Umständen auf einem „Mineralboden“, d. h. einem solchen geringer Säuerung und geringen Rohhumusgehaltes ansteht. Dies dürfte auch für den schattigen Mineralboden MONTFORTS gelten.

Die Blätter sind hier bereift, also gegen eine Benetzung der Stomata ebenso gefeit wie gegen eine Erhöhung der Transpiration. Daß die Anatomie auch hier ganz identisch ist bei den verschiedenen Böden, erklärt uns wieder die hochgradige Mykotrophie. Eine Ausscheidung haben die erwachsenen Stücke nicht, bei jungen könnte sie vielleicht vorhanden sein.

Anschließend an diese Schilderungen bei einheimischen Vaccinien möchten wir kurz auf die an Beobachtungen so reichen Untersuchungen von FABER (25) hinweisen. Die Verkorkung (oder sagen wir besser die Metakutisierung) der Epidermis ist diesem sowohl wie MOLISCH aufgefallen. Das mag wohl, wie bei unseren heimischen Heiden, bei der Torfbildung stark mitwirken, die auch an den Solfataren in Java erfolgt. Die Korkhülle deutet FABER als einen Schutz gegen den hohen Säuregehalt des Bodens. Das mag stimmen. Wir möchten jedoch annehmen, daß daneben auch bei diesem Boden sich eine Periode findet, in der das reichliche Regenwasser der Regenzeit eine Verdünnung der Bodensäuren bedingt und damit das Gedeihen von Wurzeln ohne Korkhüllen ermöglicht. Des weiteren sind die knollenartigen Rhizome als Wasserspeicher, die sich bei *Vaccinium Myrtillus* nur andeutungsweise fanden, bei den tropischen Arten sehr deutlich ausgeprägt. Die Mykorrhiza der Tropenarten scheint aber vielfach etwas anders zu sein. Solche Knöllchen mit Verpilzung haben wir bei *Arctostaphylos alpina* angedeutet gefunden, ohne sie aber näher untersucht zu haben. Die Schlüsse von FABER decken sich sonst vielfach mit den unsrigen

derart, daß wir auf die Originalarbeit und das Referat im Archiv verweisen.

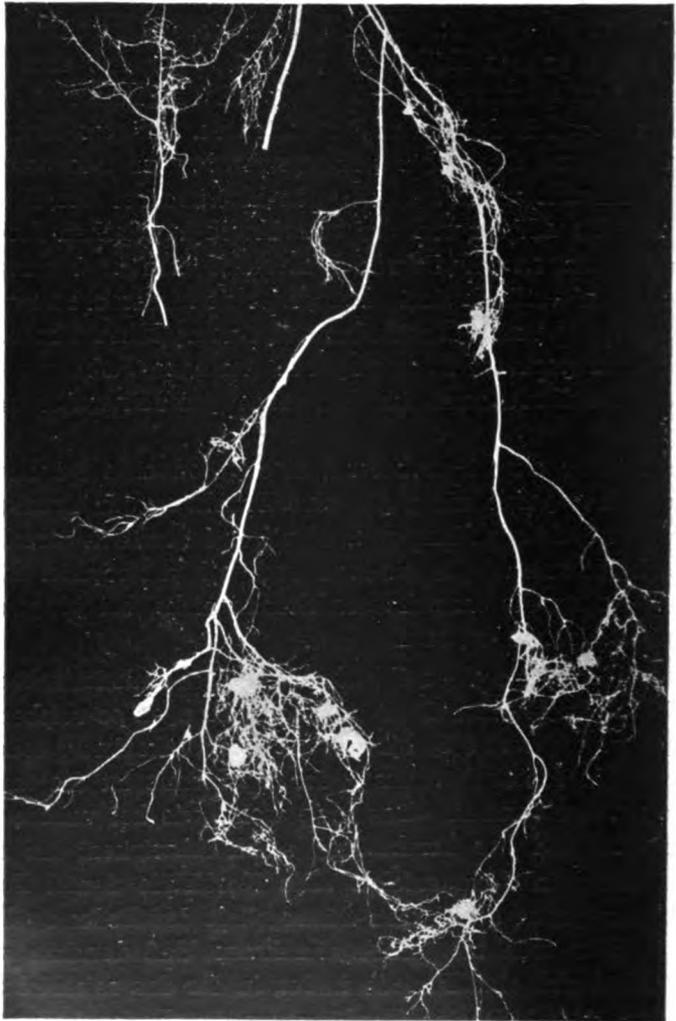


Abb. 9. *Erica carnea*

Im Anschluß an diese stark mykotrophen Ericaceen möchten wir kurz einige Beobachtungen über

*Erica carnea* (Abb. 9)

bringen. Diese ist nicht so extrem an den Rohhumus gebunden, sondern dringt in den sonnigen, einmähdigen Wiesen der

schwäbisch-bayerischen Hochebene auch in den hier wirklich mineralischen Untergrund ein. Die Wurzeln dieser durch die Rollblätter fraglos als Xeromorphe gekennzeichneten Pflanze dringen tief in den Boden ein. Daneben streichen einige flacher im Rohhumus der Oberschicht. Die Verzweigung ist aber hier ziemlich dicht, wenn auch die Wurzelfasern nicht so fein sind. Man findet besonders auf den tiefer streichenden Wurzeln einige echte Wurzelhaare, wie wir sie bei unseren Ericaceen nie antrafen. Die Haare haben eine ziemlich derbe Wand. Die Epidermis der Wurzel ist derbwandig. Die Verpilzung finden wir durchaus nicht in so vielen Zellen wie bei den beschriebenen Pflanzen. Die Wurzelspitze kann metakutisieren unter Verlust der Stärke. Es ist dies eine weniger mykotrophe Form.

Neben diesen wirklich durch Pilze lebenden Pflanzen gedeihen auch andere, nicht so sich ernährende auf diesen Böden. Die sonderbarsten von ihnen sind ohne Zweifel die

#### *Eriophorum*-Arten.

Allen voran steht *Eriophorum vaginatum*. An die Spitze möchten wir die Beobachtung stellen, daß die Pflanze reichlich guttiert. Diese Eigenschaft, die wir selbst beobachtet haben, und die auch bei LIPPMANN (26) erwähnt ist, möge besonders hervorgehoben werden im Hinblick auf die Untersuchungen MONTFORTS. Die Schließzellen sind klein, aber vom Bau der Cyperaceen. Die ganze Epidermis ist kutinisiert. Die Atemhöhlen sind bis weit hinein mit Korklamellen ausgekleidet, was weniger für die anderen Wollgräser gilt, die auf Niedermooren gedeihen. Die Epidermis ist durch eine Hypodermis verstärkt, die ebenfalls dicke Wände hat und die Atemhöhle derart verschließt, daß nur kleine Gänge hindurchgehen. Diese Hypodermiszellen sind besonders unter den Stomata eingefügt und verkorkt. Der Aufbau erinnert stark an die ebenfalls xeromorphen Restionaceen. Die Schutzzellen sind wirklich eine xeromorphe Erscheinung. MONTFORT deutet die in der Rhizosphäre lang anhaltende Vereisung als die Ursache der xeromorphen Ausbildung. Die Wurzeln können in der Kälte schwer Wasser resorbieren. Wir möchten gerade hier hervorheben, daß die Guttation uns etwas weiter bringt.

Diese Pflanzen können tatsächlich zeitweise ihre Verdunstung herabsetzen. Ob dies nun wegen der schlechten Wasseraufnahme im gefrorenen Boden geschieht oder weil die im Sommer herrschende höhere Säuerung eine allzu starke Verdunstung „uner-

wünscht“ macht, sei dahingestellt. Ist Wasser zur Verfügung und die Säuerung durch die Regenfälle nicht so stark infolge der Verdünnung oder auch deswegen die Ammonisation größer, so pumpt sich die Pflanze mit nährsalzreichem Wasser voll, um in den ungünstigen Zeiten von den Vorräten zu leben. Diese Tatsache braucht gar nicht allein durch den Glazialcharakter bedingt zu sein.

*Eriophorum vaginatum* gehört zu den Pflanzen der hochgradigsten Säuerung, doch kann es ausnahmsweise auf weniger sauren Substraten gedeihen. Da das Wurzelwerk sehr seicht verläuft, so können diese Ausnahmen, wie KOTILAINEN sehr richtig sagt, hierdurch bedingt sein. Auch wäre es möglich, daß das durchaus autotrophe Gewächs ohne Konkurrenz zugleich auf gutem Boden gedeiht.

Auch von *Eriophorum polystachium* haben wir das Wurzelwerk untersucht. Der kriechende Wurzelstock hat hier noch einige Blätter am Grund, die Pflanze ist noch nicht so ausgesprochen xeromorph. Es handelt sich um eine etwas schmalblättrigere Form. Die Wurzeln stehen nicht sehr dicht und streichen ziemlich flach. Eigenartig ist die violette Farbe derselben. Die Langtriebe tragen nicht sehr zahlreiche Seitenwurzeln. Diese sind dicklich und von nicht sehr weiten Atemgängen durchzogen. Die Wurzelhaare stehen ausnehmend dicht und beginnen in einiger Entfernung von der Spitze. Sie sind etwa 1 mm lang und nur 7 bis 8  $\mu$  dick. Es hat den Anschein, als ob im Sommer eine Metakutis angelegt würde. Die vortreibende Wurzel führt Stärke.

Wir glauben kaum, bei *E. vaginatum* andere Wurzeln anzutreffen. Es handelt sich demnach um ein Gewächs, das sehr wohl imstande ist, zeitweise größere Wassermengen zu verarbeiten. Die gute Luftzufuhr an den Wurzelenden wird die Funktion derselben unterstützen und bei dem Gedeihen dieser Arten zum Teil tief im Schlamme seine Bedeutung besitzen. Solche Luftzufuhr ist besonders bei *Scheuchzeria palustris* ausgeprägt, die bekanntlich tief im Moore steckt. Da dies aber ein Gewächs ist, das nicht auf unserem engeren Standort vorkommt, so wollen wir seine Schilderung nicht vornehmen, obwohl wir sie (wie die anderen Moorpflanzen) einer genauen Untersuchung unterzogen haben.

Von den Waldbäumen wollen wir zur Ergänzung der in der Arbeit von Voss (10) erwähnten noch die Birke beschreiben; in unserem Falle handelt es sich um

*Betula pubescens* (Abb. 10).

Nach den Angaben von KOTILAINEN, der allerdings nur von Birken schlechthin redet, finden wir sie in einem Bereiche von PH 6,5 bis PH 3,1. Da *B. pubescens* auf den nasseren und sauereren Böden vorkommt, so mögen vielleicht die extremen Zahlen für sie



Abb. 10. *Betula pubescens*

zutreffen. Auf unserem Boden mit PH 2,42 fanden wir noch spontan Keimlinge.

Es ist bekannt, daß die Birke ganz seicht wurzelt und vornehmlich die Wurzeln von *B. pubescens* ganz flach an der Oberfläche streichen. Die Wurzeln werden daher manches Interessante bieten. Die Verzweigung derer, die ganz an der Oberfläche liegen, ist sehr fein und die Wurzelfasern dünn.

Die Beobachtung auch der jüngsten Enden ergibt eine Resistenz der Spitzen gegen Schwefelsäure. Die Spitzen liegen unter

einem dichten Geflecht von Pilzhyphen. Es sind nur die Außenwände beständig gegen Chromsäure. Das gilt auch von den älteren Pilzverdauungszellen.

Erst weiter hinten sind die Zellen der Rhizodermis an den

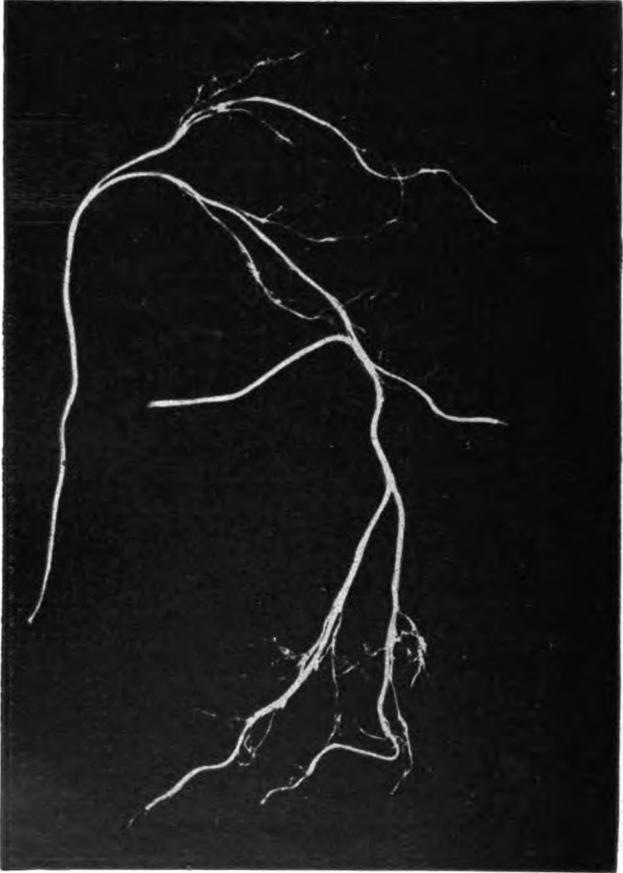


Abb. 11. *Lycopodium clavatum*

radialen Wänden dicht von einem HARTIGSchen Netz umgeben. An den Spitzenteilen fehlt es noch oder in der Metakutiszone für immer. Es ist deutlich zu sehen, daß das HARTIGSche Netz an den alten Stellen zerstört wird. Die Gleba des Pilzmyzels wird verdaut, und dann werden die Rhidodermiszellen abgeworfen. Die Wurzel umkleidet sich mit einem Periderm oder stirbt ab, was besonders für die feinen Seitenwurzeln gilt. Die Langtriebe werden nicht verpilzt.

Die anderen Bäume, die auf diesen Standorten gedeihen, wie besonders die Föhre und wohl auch die Fichte, sind ebenfalls in den flach streichenden Wurzeln verpilzt. Die Spitzen sind, wie in der Arbeit von Voss (10) ausgeführt, ebenfalls metakutisiert. Die tiefer streichenden Wurzeln sind dagegen mehr autotroph.



Abb. 12. *Lycopodium annotinum*

Es bleibt uns nun noch eine Gruppe von ganz absonderlichen Gewächsen zu besprechen:

*Die Lycopodien* (Abb. 11, 12).

Die Prokormi derselben sind extrem mykotroph. Wir wollen uns nicht eingehend mit ihnen beschäftigen, sondern nur darauf hinweisen, daß die erwachsenen Stücke sonderbarerweise keine Ver-

pilzung aufweisen. Wir haben eine ganze Reihe von Wurzelzweigen in der für das Mykorrhizastudium günstigen Zeit untersucht, ohne Pilze außer in ganz wenigen Haaren zu finden. Dabei hat es sich offenbar um ganz wenige harmlose Parasiten gehandelt.

Betrachtet man das Wurzelbild, so sieht man, daß die Wurzeln eigentlich ziemlich spärlich an dem großen Stammstück, das besonders bei *Lyc. annotinum* weithin kriecht, vorhanden sind. Die Wurzeln sind merkwürdig gabelig geteilt, womit sich besonders GOEBEL in seiner Organographie beschäftigt. Der Vergleich unserer beiden Bilder von *Lycopodium clavatum* von einem Mineralboden mit dünner Auflage eines sauren Mooshumus und *Lyc. annotinum* von einem tiefen Rohhumus mit der Säuerung PH 2,42 ist sehr lehrreich. Die Wurzeln bleiben zunächst dick und gabeln sich nicht. Sie sind von einer dicken Schleimschicht umgeben, und diese ist um so dicker, je trockener das Substrat ist. Die Verzweigung kommt bei den Wurzeln auf einem trockenen Mineralboden erst nach einem kräftigen tiefen Einstoßen ins Erdreich. Auch die ersten Gabeläste verhalten sich einige Zeit ganz gleich. Gegen das Ende beginnen sie ebenfalls gegabelte oder falsch fiederige, dünnere Seitentriebe abzugeben. Durch die falsche Gabelung bleiben immer noch Langtriebe erhalten, die in größere Tiefen vorstoßen. Es liegt also hier die feine Verteilung sehr tief, und das Erdreich wird dann sehr dicht umspinnen. *L. annotinum* dagegen auf den schlechteren Böden läßt seine Wurzeln nicht so tief eindringen, sondern sie bleiben mehr oberflächlich; dafür aber laden sie mehr in die Breite aus. Die Verzweigung liefert länger gestreckte Langtriebe zweiter und dritter Ordnung und dann erst kommen die feinen Ästchen. Es wird also ein größeres Bodenareal ausgenutzt.

Die feinen Teile sind sehr dicht mit langen, sperrig abstehenden, bis 1,5 mm langen und etwa 10  $\mu$  dicken Haaren bedeckt. Die Wandungen sind dünn. Das Bodenstück wird gut durchzogen. Sehr bald ist die Epidermis verholzt und gegen Schwefelsäure resistent. Dagegen lösen sich die Haare bis auf den Ansatzgrund leicht auf. Die Wurzel ist durch Haarkurzzellen ausgezeichnet, wie sie von der Marburger Schule (28—31) beschrieben sind.

Um das Bündel der Wurzel stehen verholzte Scheiben, auch in ziemlich feinen Wurzeln. Wir möchten erwähnen, daß auch FABER *Lycopodium vulcanicum* in seinen extrem sauren Böden gefunden hat.

Die Pflanze ist xeromorph gebaut und hat einen starren Blattbau. Zudem verträgt sie das Eintrocknen. Da im Stengel nur

Tracheiden vorhanden und diese noch dazu von lebenden Zellen dicht durchflochten sind, so ist ein Abreißen der Wassersäulen nicht so leicht zu erwarten. Die Pflanze kann auch mit dem geringen Wurzelwerk die trockene und kalte Zeit gut überdauern, um sich bei Eintritt feuchter und für die Aufnahme günstiger Zeiten mit Wasser vollzusaugen.

Das Wachsen auf den Alaunböden nach FABER und der große Aluminiumgehalt der Asche deutet auf das Vertragen großer Wasserstoffionenkonzentrationen.

Von den Moosen bedarf es vielleicht noch einiger Worte über

#### *Dicranum undulatum.*

Der Querschnitt des Stämmchens beträgt nur 0,5 mm, der Querschnitt des ganzen Achsenkörpers (also Stämmchen plus Berindung plus Rhizoide) hat den Durchmesser von 2,5 mm. Die Rhizoide lassen die Membranen bei Wasserzutritt etwas quellen. Auch scheint das Innere als Volumenmechanismus funktionieren zu können. Die Hauptsache aber ist fraglos die Größe der Kapillarwirkung. Die Hauptzellen des Rhizoidfilzes sind ziemlich derbwandig; doch ist dafür auch das Volumen größer, so daß sie nicht stärker durch die Kohäsion beansprucht werden als die dünneren Endverzweigungen.

#### **Zusammenfassung**

In einigen Waldböden, z. T. solchen extremer Säuerung, untersuchten wir die Biocönose, indem wir nicht nur die Nitrifizierer und die höheren Pflanzen ins Auge faßten, sondern auch auf die Protozoën unser Augenmerk richteten. Nur das Erfassen möglichst vieler Glieder der Biocönose kann uns einen Einblick in die biologischen Vorgänge des Bodens gewähren. Diese sind besonders in solch humösen Böden und bei solchen Säuerungen für die höhere Pflanzenwelt von überragender Bedeutung. Gerade die Protozoën sind deswegen so wichtig, weil sie die Hauptverzehrer der Bakterien und wohl auch mancher Pilze sind. Leider mußten wir uns auf die beschalteten Arten beschränken, hatten dafür aber den Vorteil, daß wir einen Überblick über eine längere Zeit hatten. Dies ist besonders deswegen so wertvoll, weil wir es mit Böden zu tun haben, die zwei Perioden aufweisen, eine solche mit einem starken Gehalt von organischen Stoffen und eine solche, die gekennzeichnet ist durch den Abbau dieser. Je nach der Durchlüftung und sonstigen Eigenschaften des Bodens, wie Bildung von Humusstoffen durch

Moose usw., ist die erste Zeit im Boden nur vorübergehend, und die nachfolgende Mineralisation ist so vollständig, daß die höheren Pflanzen die Nahrung in mineralischer Form dargeboten bekommen; dann pflegen die Böden arm an Protozoën zu sein. Die anderen Vorgänge aber führen, wenn die Mineralisation nicht einsetzt, zu einer Fossilisation von Kohlenstoff und Stickstoff. Der autotrophen Pflanze sind dann die Lebensbedingungen genommen. So gibt uns die Menge der im Boden vorhandenen Protozoënschalen einen guten Aufschluß über die Menge des in lebendiger Form im Boden vorhandenen Stickstoffes.

In der Art der Protozoën spiegelt sich ferner das Zurücktreten mancher Stoffumsätze wider. Dieser Umstand ist für die Biozönose wesentlicher als das PH.

Es ließ sich ein ganz eigenartiger Boden finden, der, ohne Sphagnen zu tragen, ein PH von 2,42 aufwies. Er trug sonst die Lebenswelt der Reisermoore. Von Moosen war vornehmlich *Dicranum undulatum* vorhanden. In diesem Boden ließen sich interessante Parallelen zu den Beobachtungen von KOTILAINEN an finnischen Mooren ziehen. Er hatte keine Nitrifikation und eine ungeheure Zahl von Protozoën. Die Arten waren hauptsächlich die des Hochmoores.

Manche Ähnlichkeit konnte in der Mooschicht der Wälder gefunden werden, besonders unter *Polytrichum*-Rasen. Diese Moose sind bei üppiger Entwicklung und bei lange winterkalten Klimaten die Schrittmacher für das Eindringen der Sphagnen. Vorbedingung für das Entstehen solcher besonders im Norden und Osten vorhandener ombrogener Moore ist das Fallen von reichlichen Niederschlägen. Sie entstehen über dem Mooswald. In nördlichen atlantischen Klimaten mögen sich die *Racomitrium*-Moore ähnlich verhalten.

An diese Untersuchungen anschließend wurden die Wurzeln der Ericaceen der extrem sauren Böden untersucht. Es ergab sich eine sehr interessante Verpilzung und Verballung der Pilze in der Mykorrhiza. Im Winterzustande wurden untersucht: *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium oxycoccus*, *Vacc.* *Vitis Idaea*, *Vacc.* *Myrtillus* und *Vacc. uliginosum*. Zum Vergleich untersuchten wir auch die auf Mineralboden vorkommende *Erica carnea*.

Die Pilze bedecken als Außenmyzel die feinen Verästelungen der Ericaceen- und Empetraceenwurzeln. Diese sind äußerst fein verzweigt, aber da die ganze Wurzel mit solchen Mykodermen ver-

sehen ist, so ist die Wasseraufnahme und damit der Nährsalzgewinn nur sehr gering. Die Pilze senden in die Mykodermiszellen Kurztriebe. Diese kann man als eine Art Gleba bezeichnen, die in den Zellen verdaut und verballt wird. Die Mykodermiszellen verkorken die Außenwände, und zwar findet dieser Vorgang vornehmlich im Winter statt. Doch ist er nicht allgemein verbreitet. Hierauf werden die toten Zellen abgestoßen, und die Wurzel verschließt sich mit einer Endodermisverkorkung.

Bei den Immergrünen ist die Verkorkung nicht gleichmäßig an allen Wurzeln durchgeführt. Es bleiben immer einige Teile offen, um auch in dieser Zeit einige Wassermengen aufzunehmen. Sonst wird selbst die Wurzelspitze durch Metakutis verschlossen. *Chamaedaphne* zeigt in ihren unverkorkt bleibenden, unverpilzten Kurzzellen der Mykodermis eine ebenso merkwürdige Ausnahme wie in dem zweimaligen Austreiben ihrer sonst metakutisierten Wurzelspitzen.

Es handelt sich bei diesen Pflanzen wirklich um einen Xeromorphismus, aber um keinen aus der physiologischen Trockenheit des Bodens heraus, sondern aus innerphysiologischen Bedingungen der Mykotrophie.

Im Frühjahr treiben diese Gewächse neue unverpilzte Wurzelfasern, die reichlich Wasser aufnehmen, um das junge Laub weniger mit Wasser und Nährsalzen aus dem Boden als aus den Reserven der Wurzel zu versorgen. Diese Reserven stammen aus der Pilzverdauung im Herbst und Winter.

Die noch von MONTFORT als wirklich xeromorph bezeichneten *Eriphorum*-Arten, besonders *E. vaginatum*, sind mit einer starken Guttation versehen. Es macht den Eindruck, als ob diese mit ihrem gar nicht übertrieben fein verteilten Wurzelwerk die günstige Jahreszeit ausnutzen. Man muß bedenken, daß der Boden in seiner Oberschicht durch die reichen Niederschläge des Frühjahres etwas ausgesüßt wird, und damit auch die Hemmstoffe verdünnt werden. So ist wohl eine reichlichere Ammonisation gegeben, und in manchen Böden mag es sogar zur Bildung von Nitraten kommen. Dagegen können diese Gewächse nach Aufhören der Guttation die Wasserdurchströmung sowohl einschränken, wie periodische Trockenheiten überstehen. Wir nehmen an, daß der letztere Umstand bei Kälterückschlägen eintritt, ersterer durch Konzentration der Säure infolge Eindunstens des Wassers auf der Mooroberfläche. Die Ruhezeit im Sommer wäre dann nicht allein durch die Relikt-

natur der Pflanze, sondern auch edaptisch durch den Standort bedingt.

Die ebenfalls xeromorph gebauten Lycopodien haben nur ein sehr schwaches Wurzelwerk. Doch scheint es auch hier, als ob die Gewächse die günstige Jahreszeit ausnutzen und in der schlechten ruhen. Sie sind sehr trügwüchsig.

### Abstract

In some forest soils, with extreme acidity partly, we examined the biocoenose, paying special attention not to nitrificants and higher plants only. but to protozoa also. Only the comprehension of as many parts of the biocoenose as possible gives us a knowledge of the biological conditions of a soil. These are of great importance to the higher plant world, especially in such humus soils and in such aridity. Particularly the protozoa are important, as they are the main consumer of the bacteria and of some fungi also. Unfortunately we were confined to the forms provided with scales, this however, gave us the advantage of a general view over a longer period of time. This is especially valuable as the soils in question show two periods: one with a rich content of organic matter, and another one distinguished by a loss of the substances. According to the aeration and other qualities of the soil, for instance formation of humus substances by mosses etc., the first time is more passing and the following mineralisation is as far complete that the higher plants get their food offered in a mineralised form.: after that the soils are usually poor in protozoa. If the mineralisation does not happen, the other occurrences lead to a fossiliation of carbon and nitrogen. The autotrophical plants then loose their life conditions. Therefore, the number of protozoa scales throws a lighth on the quantity of nitrogen, in living form contained in the soil. In the systematic of the protozoa the receding of some substances is reflected. This circumstance is more essential for the biocoenose, than the PH.

We have found quite a particular soil, which showed a PH of 2.42 (without carrying *Sphagnum*). Otherwise it produced the associations of the brush wood moors. Among mosses *Dicranum undulatum* was chiefly present. On these soils some interesting comparisons to the observations of KOTILAINEN on finish moors have been made. It had no nitrification and an enormous number of protozoa. The species were principally those of the high moors.

Some similarity was found especially in the moss layers of the forest below the *Polytrichum*-turf. These mosses in rich development and in a cold winter climate are the pacers for the invasion of *Sphagna*. The first condition for the rise of such ombrogenous moors, chiefly found in the north and east, is a very damp atmosphere. This arises above the moss forest. The *Racomitrium* moors in the northern atlantic climate may act in a similar way.

In conjunction with these investigations the roots of the *Ericaceae* in the extremely acid soils have been examined. There resulted a very interesting interweaving and conglobation of the fungi in the mykorrhiza. In the winter state were examined: *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium Oxycoccus*, *Vacc. Vitis Idaea*, *Vacc.*

*Myrtillus*, *Vacc. uliginosum*. By way of comparison we examined also *Erica carnea* growing on mineral soil.

The fungi as an outer mycel cover the fine branchings of the *Ericaceae* and *Empetraceae* roots. These are very finely branched, but as the whole root is covered with such mycodermes, the water absorption and therewith the gain of nutrient salts is very slight. The fungi send forth short shoots into the mycodermis cells. These may be taken as a kind of gleba which is conglobated and digested in the cells. The mycodermis cells cork up the outer wall and do this especially in winter but not generally. After this the dead cells are removed and the root closes up with an endodermis corking.

In the evergreen form the corking is not carried through uniformly on all roots. Some shoots are always left open, to take up some water at this time also. Otherwise even the root tips are closed up by metakutis. *Chamaedaphne* shows a remarkable exception, in its unclosed short cells bare of fungi, as well as in the twofold sprouting of its otherwise metakutisised root tips.

In this plants it is a question really of xeromorphy, but this is not caused by „physiological dryness“, but by the inner-physiological conditions of mycotrophy.

In spring these plants produce new root-fibers bare of fungi which absorb plenty of water and supply the young leaves more with reserves contained in the root, than with water and nutrient salts from the soil. These reserves result from the fungi-digestion in autumn and winter.

The *Eriophorum*-species marked by MONTFORT as really xeromorph, especially *E. vaginatum*, have a strong guttation. The impression is, as if these really not very finely distributed root system makes the most of the favorable season. One has to consider that the acid in the soil in the surface layers becomes removed by plentiful rain in spring and therefore the checking substances are diluted as well. A more abundant ammonisation is probably given and in some soils it may at this time possibly come to a formation of nitrates. On the other hand these plants, after the guttation ceases, may reduce the flowingthrough of water and overcome periodical aridity. We take it that the latter circumstance occurs in sudden frost, the former when the acid concentrates consequently to the evaporation of water on the surface of the moor. The resting time in summer would then be dependent not only on the relict nature of the plants but also edaphically on the habitat.

The *Lycopodia* which are xeromorph as well have a weak root system. But here also it seems as if these plants utilize the favorable season and rest in bad times. They are very slow growing.

## Literatur

1. VOSS und ZIEGENSPECK: Die physikalischen Säurekonstanten und ihre Nachwirkung auf die Nitrifikation und gesamte Stickstoffbindung in natürlich und künstlich sauren Böden unter besonderer Berücksichtigung der Waldböden. (Mez. Archiv XXV, 214.) —
2. SELMANN, A. WAKSMANN: Methoden der mikrobiologischen Bodenforschung. —
3. STEINECKE: Rhizopoda testacea des Zehlaubruches. Schrift d. physiol. ökon. Ges. Jahrg. 54, 1923. —
4. STEINECKE: Spätere unveröffentlichte Untersuchungen. —
5. SKADOWSKY: Verhandl. der internationalen Verein. f. Limnologie. 1923. —
6. PÉNARD: Faune du Bassin de

- Léman. Genf 1905. — 7. KOTILAINEN: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens. — 8. OLSEN: Studier over Jordbundens Brintionkonzentration ogdens Btydning for Vegetationen, soerlig Plantefoedelingen i Naturen. — 9. MONTFORT: Die Xeromorphie der Hochmoorpflanzen als Voraussetzung der „physiologischen Trockenheit“ der Hochmoore. Zeitschr. f. Botanik 10. 1918. — 10. VOSS: Das Leben der Gewächse trockener, zur Säuerung neigender Kiefernwälder unter Hervorheben des unterirdischen Anteiles. Mez. Archiv XXV, 173. — 11. FUCHS und ZIEGENSPECK: Aus der Monographie der Orchis Traunsteineri Saut. II. Teil: Mykorrhiza und Boden. Mez. Archiv III (1923) 237—261. — 12. MELIN: Untersuchungen über die Bedeutung der Baummykorrhiza. Eine ökologisch-physiologische Studie. Jena 1915. — 13. MATTERN: Die Physiognomie eines Buchenwaldes. Mez. Archiv XXII (1928). — 14. TOMISCHAT: Noch unveröffentlicht. — 15. LUNDEGARDH: Der Kreislauf der Kohlensäure. Jena 1924. — 16. MEVIUS: Wasserstoffionenkonzentration und Permeabilität bei kalkfeindlichen Pflanzen. Zeitschrift f. Bot. XVI, 1924. — 17. WANGERIN: Vegetationsstudien im norddeutschen Flachlande. I. — 18. STENSTRÖM: zitiert nach KOTILAINEN. — 19. RAYNER: The Nutrition of Mykorrhiza Plants: Calluna vulgaris. 1925. — 20. RAYNER: Nitrogen Fixation in Ericaceae. Bot. Gaz. 73. 226—235. — 21. RAYNER: Mykorrhiza in the Ericaceae. Trans. of Brit. Mykol. Soc. VIII, 61—66. — 22. FUCHS und ZIEGENSPECK: Die Pilzverdauung der Orchideen. Mez. Arch. XVII (1927), 163—274. — 23. KERNER VON MARILAU: Pflanzenleben. I. — 24. NEGER: Biologie der Pflanzen. — 25. F. C. VON FABER: Die Kraterpflanzen Javas in physiologisch-ökologischer Beziehung. 1927. — 26. LIPPMANN: Über das Vorkommen der verschiedenen Arten der Guttation und einige physiologische und ökologische Beziehungen. Mez. Arch. XI (1925). — 27. GOEBEL: Organographie der Pflanzen, insbesondere der Archegoniaten und Samenpflanzen. — 28. KRÖMER: Bibl. Bot., Heft 59, 1903. — 29. MYLIUS: Bibl. Bot., Heft 62, 1904. — 30. RUMPF: Bibl. Bot., Heft 18, 1911—1913. — 31. MAGER: Bibl. Bot., Heft 66, 1907.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Archiv. Zeitschrift für die gesamte Botanik](#)

Jahr/Year: 1929

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Voss Heinz, Ziegenspeck Hermann

Artikel/Article: [Zur Biocönose des Mooswaldes 347-412](#)