



Bild 1: Weißmoos *Leucobryum glaucum*

Februar – Die unscheinbaren Moose



Alles sehnt sich nach dem Frühling, aber der läßt noch auf sich warten. Statt dessen Frost und Schmuddelwetter. Die Bäume sind kahl, Gras und Kräuter sind welk, alles abgestorben weit und breit, alles grau und braun. Doch wenn man genau hinsieht, findet sich doch auch Grün, auf das wir so hoffen, winzig zwar, aber allgegenwärtig: Schauen wir uns ruhig einmal die Moose an, die wir in all dem üppigen Sommergrün kaum beachtet haben, und die wir auch jetzt meist nur als unscheinbare kaum merklich wachsende Polster (Bild 1 - Weißmoos) wahrnehmen. Damit verkennen wir eine durchaus beachtliche Formenvielfalt, die von mehr oder minder ausgedehnten Matten (Bild 2 - Zackenmützenmoos) bis hin zu farnähnlichen (Bild 3 - Tamariskenmoos) oder gar bäumchenförmigen Gestalten (Bild 4 - Bäumchenmoos) reicht.

Unsere Ignoranz haben die uns so unscheinbar vorkommenden Moose nicht verdient, gehören sie doch in eine Reihe mit den allerersten Pflanzen, die sich vor Urzeiten aus dem Wasser auf das Land gewagt haben. Das ist unglaublich lange her, um die 500 Millionen Jahre, im Wechsel vom Silur, in dem es wohl noch überhaupt kein Leben an Land gab, zum Devon, in dem sich die Erde geradezu rasant mit Vegetation bedeckte, von schleimigen, grünen Matten am Anfang zu den ersten richtigen Wäldern schon am Ende des Devons. Dabei wird immer gerne gesagt, daß das Leben aus dem Meer an Land gekommen ist. Zumindest für die grünen Landpflanzen dürfte das nicht stimmen, schon alleine, weil das Meer eine Domäne der Braun- und Rotalgen ist und wohl auch damals schon war. Die Landpflanzen stammen jedoch ohne Ausnahme von den Grünalgen ab. Die gibt es zwar auch im Meer, doch sind sie hier von deutlich geringerer Bedeutung.

Ganz im Gegensatz dazu herrschen Grünalgen im Süßwasser vor, und Rot- und Braunalgen sind hier



Bild 2: Matten bildendes Zackenmützenmoos *Racomitrium lanuginosum*



Bild 3: Mutet wie ein Farnwedel an:
Tamariskenmoos *Thuidium tamariscinum*

kaum vertreten. Wahrscheinlich gehen also die heutigen Landpflanzen auf diese im Süßwasser lebenden Grünalgen zurück. Die am weitesten entwickelten Grünalgen, die sogenannten Armleuchteralgen (Bild 5) weisen bereits eine ganze Reihe Merkmale auf, die auf die späteren Landpflanzen hinweisen, und sie leben in schwierigen Gewässern, zum Beispiel brackige Gewässer mit starken Salzgehaltsschwankungen oder hohen Kalkgehalten oder aber flache Gewässer, in denen die Temperatur stark schwanken, und die auch immer wieder mal trocken fallen können. Das ruft ja geradezu nach Anpassungen, die zum Landleben führen mußten.

Und doch: Möglicherweise ist die Geschichte erheblich komplizierter.



Bild 4: Aufrecht stehendes Bäumchenmoos *Climacium dendroides*

So haben die Genetiker festgestellt, daß zwar die Armelechteralgen den Landpflanzen, denen sie ja auch schon recht ähnlich sehen, sehr nahe stehen, die Verwandtschaft der Landpflanzen zu einer anderen, und zwar einzelligen Algengruppe jedoch noch enger ist, nämlich den Jochalgen (Bild 6). Manche dieser Jochalgen - einzellig, wie sie sind - können durchaus auf feuchten Felsen leben, wo sie sich mit einer selbst abgeschiedenen Schleimhülle gegen Austrocknung schützen. Auch haben es schon primitive Grünalgen geschafft, an der Luft zu überleben, und so finden wir heutzutage häufig Baumstämme mit grünlichen Überzügen, die aus ganzen Lebensgemeinschaften einzelliger Algen bestehen, die auch gelegentliches Austrocknen gut überstehen (Bild 7).

Es ist also durchaus möglich, daß die Entwicklung der Landpflanzen zwar auf die Grünalgen des Süßwassers zurückgeht, sich aber bereits komplett an Land abgespielt hat, weil schon die Algenvorfahren der Landpflanzen das Land besiedelt hatten. Sollte das stimmen, muß man davon ausgehen, daß die Armelechteralgen ursprünglich auf dem Land lebende Gewächse waren, die dort aber durch die sich weiter entwickelnden Landpflanzen wieder verdrängt worden sind und wieder ins Wasser zurückkehrten, wo wir sie heute finden.

Ob dem wirklich so war, ist allerdings nicht einfach zu entscheiden, denn die allerältesten Fossilien, die wir von Landpflanzen haben, stammen von Lebermoosen, die wohl die ursprünglichsten echten Landpflanzen darstellen, die bis heute überlebt haben, zusammen mit den noch primitiveren Hornmoosen (Bild 8), von denen es aber keine Fossilien gibt.

Immerhin ließe sich so erklären, wieso die ursprünglichsten heute noch lebenden Landpflanzen eher bandförmige oder lappige Wuchsformen aufweisen mit ähnlich anatomisch simplem Aufbau wie der sogenannte Thallus von Algen (Bild 9 - Brunnenlebermoos, und 10 - Kegelkopflebermoos) und keineswegs so differenziert sind wie die beinahe schon wie kleine Bäumchen aussehenden Armelechteralgen, die dann vielleicht doch nicht die direkten Ahnen der Moose sind.



Bild 5: Armleuchteralgen *Chara sp.* in einem flachen Tümpel

Bild 6: Eine Jochalge *Cylindrocystis crassa*



Bild 7: Von Algen grün gefärbter Buchenstamm

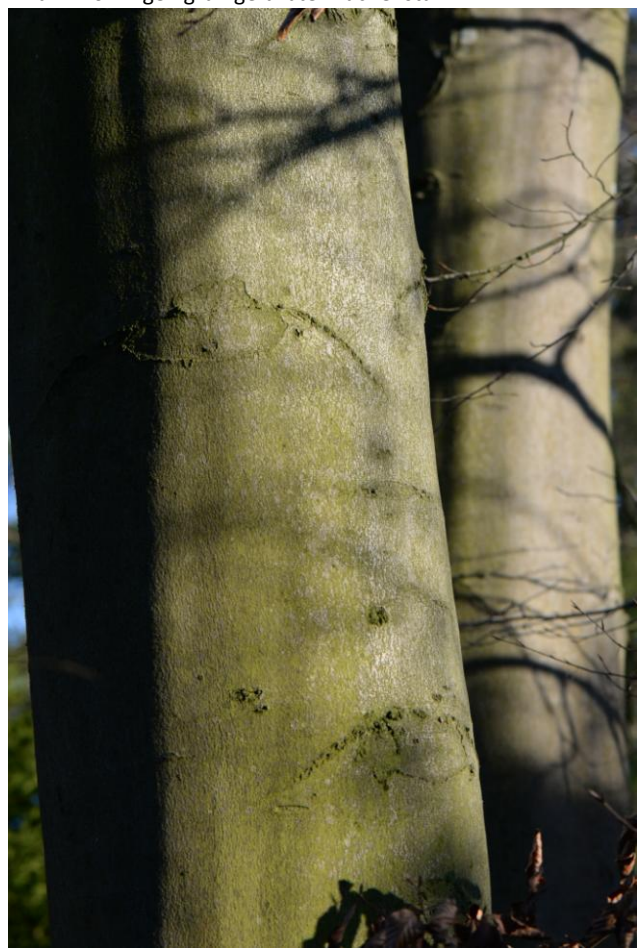




Bild 8: Ein Hornmoos *Anthoceros punctatus*

Wir wissen es aber nicht genau.

Es ist nicht einmal sicher, daß die drei generellen Entwicklungslinien der Moose – Hornmoose, Lebermoose und Laubmoose – überhaupt gemeinsame Vorfahren haben oder jede für sich aus jeweils anderen Algenvorfahren entstanden sind. Und wenn nicht, wäre durchaus denkbar, daß beide vermuteten Wege an Land besritten worden sein könnten.

So zeigt die kleinste Moosgruppe, die der Hornmoose (Bild 8), eine wilde Mixtur von Merkmalen, die sie mal näher mit den Laubmoosen, mal mit den Lebermoosen verwandt erscheinen läßt, dann aber auch Ähnlichkeiten mit Grünalgen aufweist und wieder andere sogar mit Farnen.

Die zweite Gruppe, die Lebermoose, bieten bereits eine gewisse Vielfalt

Bild 9: Ein sogenanntes thallöses Lebermoos *Marchantia polymorpha*, das heißt mit algenartig simplem Aufbau





Bild 10: Ein weiteres thalloses Lebermoos *Conocephalum conicum*

Bild 11: Ein folioses Lebermoos *Plagiochila asplenioides*, bei dem der Thallus gefaltet ist und dadurch blättrig erscheint





Bild 12: Ein Schlafmoos *Hypnum cupressiforme*

an Formen. So haben die sogenannten thallosen Lebermoose ebenso wie die Hornmoose einen sehr einfachen Aufbau wie die meisten Algen, so daß man ihren unstrukturierten Körper wie bei den Algen als Thallus bezeichnet (Bild 9 und 10). Sie entwickelten sich aber weiter, indem sie ihre simplen bandförmigen Thalli auffalteten, um ihre Oberfläche zu vergrößern, über die der Austausch von Luft und Feuchtigkeit stattfindet. Aufgrund dieser blattähnlich wirkenden Falten nennt man den Thallus dieser Lebermoose nun folios - nach *folium*, lateinisch für Blatt (Bild 11).

Im Vergleich dazu erscheinen die Laubmoose (Bild 12 bis 15, und ab Bild 17) geradezu hoch entwickelt, da sie meist in Stängel und Blättchen gegliedert sind. Das täuscht jedoch; von der aufwändigen Anatomie der Bärlappe, Farne und Blütenpflanzen sind sie noch weit entfernt.

Im Gegensatz zu den blühenden Landpflanzen streuen Moose zu ihrer Vermehrung Sporen

Bild 13: Goldhaarmoos *Orthotrichum anomalum*



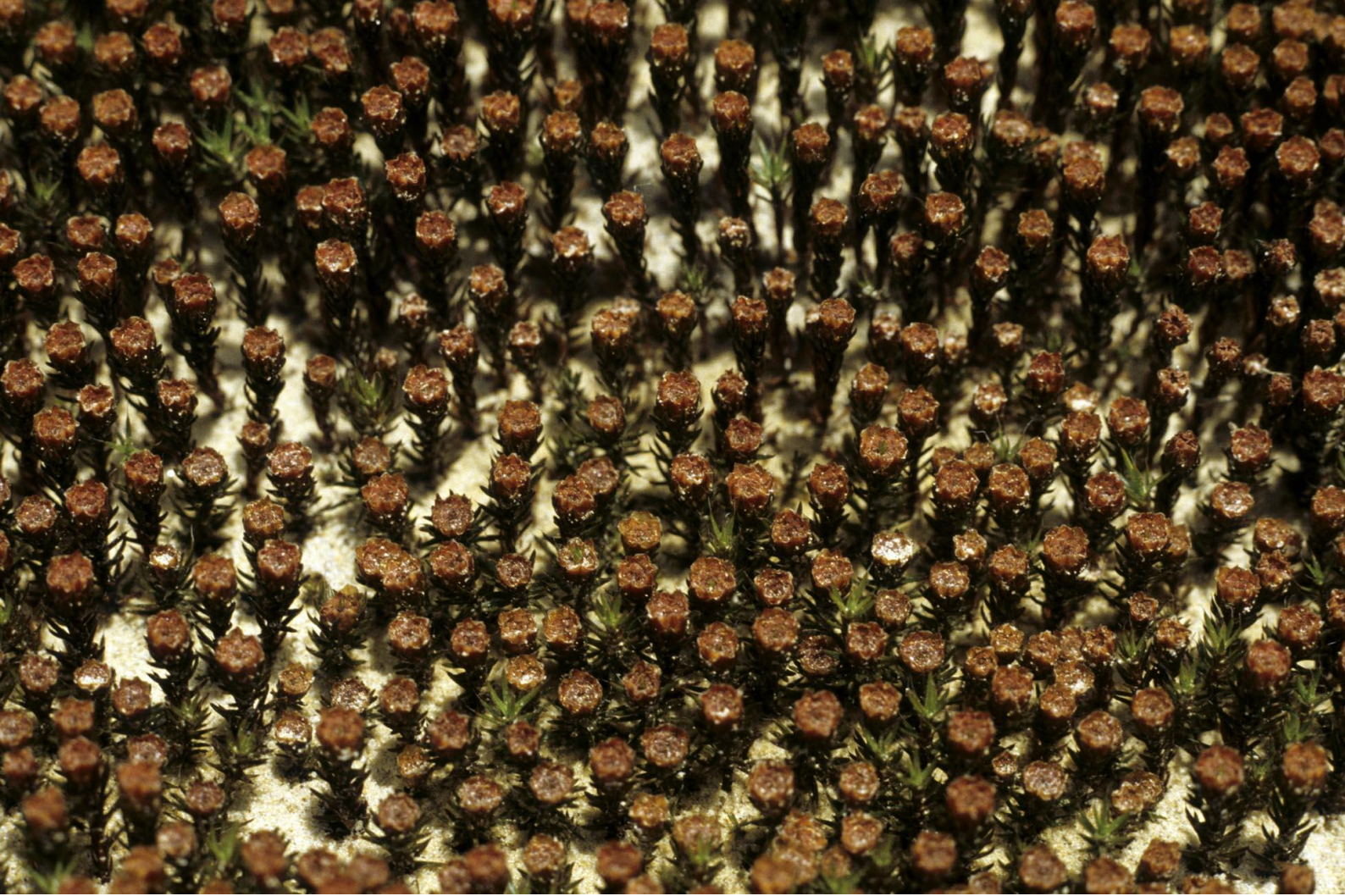


Bild 14: Heide-Frauenhaarmoos *Polytrichum piliferum* auf nacktem Sand, mit rötlichen Archegonien

Bild 15: Flutendes Sichelmoos *Drepanocladus brevifolius*



aus, und schon das weist sie als recht primitive Pflanzen aus. Auch Bärlappe, die den Laubmoosen auf den ersten Blick verblüffend ähnlich sehen, und die Farne streuen Sporen. Dennoch sind die Moose nicht näher mit Farnen und Bärlappen verwandt. Farne und Bärlappe verfügen nämlich über Wurzeln und echte Blätter, die über Leitbündel Wasser, Nährstoffe und Stoffwechselprodukte austauschen, wie die Blütenpflanzen, während den Moosen solche Organe fehlen oder bestenfalls als primitive Vorstufen ausgebildet sind. Deshalb stellt man Bärlappe, Farne und Blütenpflanzen zusammen als Gefäßpflanzen den Moosen gegenüber. Und tatsächlich spiegelt das eine tiefgreifende Verzweigung der Evolution wieder, denn Moose und Gefäßpflanzen haben sich schon früh in unterschiedliche Richtungen weiterentwickelt, wobei sich aus den ursprünglichen Gefäßpflanzen über die Farne mit der Zeit die Blütenpflanzen entwickelten, während die Moose sich angesichts der übermächtigen Konkurrenz nicht mehr wesentlich weiter entwickelt haben. Immerhin sind sie aber über die Jahrtausende erhalten geblieben, während die ähnlich primitiven Stammformen der Gefäßpflanzen heute restlos ausgestorben sind.

Das klingt zunächst einmal paradox. Aber es ist gerade die beibehaltene Primitivität, die die Moose ihre Nischen hat finden lassen. Ihre wenig aufwändige innere Organisation macht sie auch ziemlich anspruchslos in ihrem Stoffwechsel. Sie besitzen zwar wurzelartige Auswüchse, aber die dienen eher der Verankerung der Moospflanze. Dementsprechend benötigen sie keinen tiefgründigen Boden, sondern können an für Gefäßpflanzen völlig ungeeigneten Standorten ein Dasein fristen: An Baumrinden (Bild 12 - Schlafmoos) oder gleich auf nacktem Stein (Bild 13 - Goldhaarmoos) oder rohem Sand (Bild 14 - Heide-Frauenhaarmoos) und selbst unter Wasser (Bild 15 - Flutendes Sichelmoos). An vielen solcher Standorte erzeugen Moospolster die erste Ansammlung von organischem Material und machen so der ersten Schritt zur Bodenbildung. Damit spielen sie als Wegbereiter einer höheren Vegetation aus Gefäßpflanzen eine unverzichtbare Rolle.

Wie stark die Unterschiede zwischen den Gefäßpflanzen und den Moosen sind, zeigt sich vor allem

Bild 16: Geschlechtslose Pflanze des Keulenbärlapps *Lycopodium clavatum* mit Sporangien

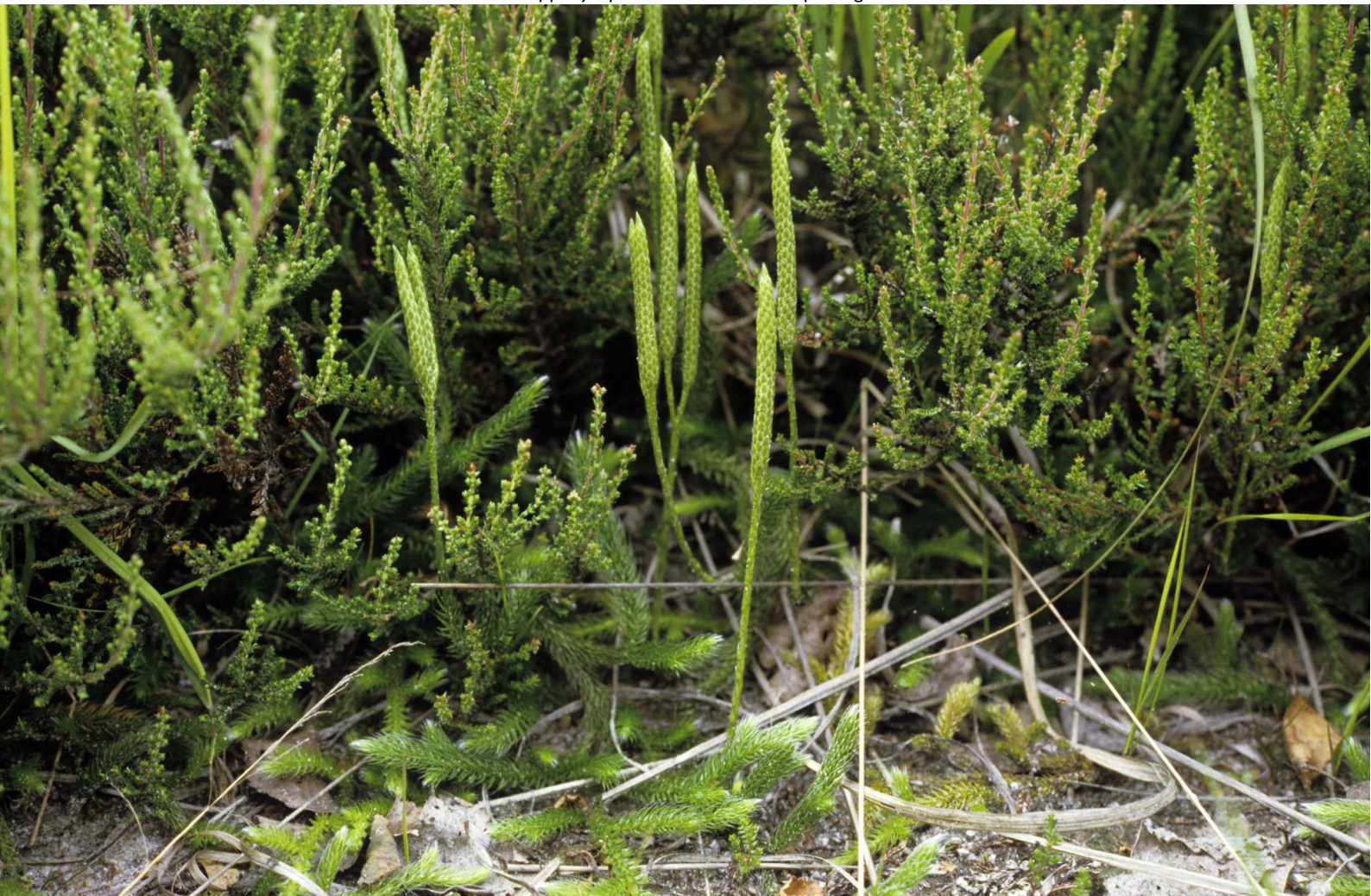




Bild 17: Weibliches Bohnenmoos *Pohlia nutans* mit Sporophyten

In der Fortpflanzung, insbesondere, wenn man die oberflächlich ganz ähnlich aussehenden Bärlappe (Bild 16) mit den Laubmoosen vergleicht.

Wie alle Landpflanzen unterliegen auch Moose und Bärlappe einem Generationswechsel, der sich bereits bei den Algen im Wasser heraus geformt hat (und bei den Blütenpflanzen nur noch von Spezialisten erkannt werden kann). Damit ist gemeint, daß sich eine geschlechtlich fortpflanzende Generation mit einer ungeschlechtlichen, sporenwerfenden Generation abwechselt.

Bei Bärlappen, wie auch bei Farnen, gehören die großen, grünen Pflanzen, die wir wahrnehmen, zur ungeschlechtlichen, sporenwerfenden Generation. Wenn die Zeit reif ist, bringt der Bärlapp einen Sporenträger (ein Sporangium) hervor, aus dem die Sporen fallen (Bild 16), aus denen die sehr unscheinbar im Boden lebende geschlechtliche Generation auskeimt, aus der wiederum ungeschlechtliche grüne Pflanzen hervorgehen, die Sporen austreuen, und so weiter...

Auf den ersten Blick sieht es bei den Moosen nicht viel anders aus (Bild 17 - Bohnenmoos). Doch tatsächlich könnte es unterschiedlicher kaum sein. Die Moose, die wir als dauerhafte grüne Pflanzen sehen, sind nämlich im Gegensatz zu Bärlappen und Farnen die geschlechtliche Generation. Sie machen entweder männliche oder aber weibliche Fortpflanzungsorgane, die manchmal Blüten sogar ähnlich sehen (Bild 14), aber dennoch viel zu primitiv sind, als daß sie jemals verständliche deutsche Bezeichnungen erhalten hätten. Wissenschaftlich heißen die männlichen Antheridien, die weiblichen Archegonien, die bei den meisten Moosarten jeweils getrennt auf verschiedenen Pflanzen, und das heißt auf verschiedenen Moospolstern entstehen. Wie kommen dann aber die männlichen Keimzellen zu den weiblichen? Die Antwort ist: Durch Regen. Bei Regen bildet sich ein Wasserfilm, in dem die männlichen Keimzellen ein bis zwei Zentimeter zurücklegen können. Müssen größere Distanzen bewältigt werden, muß es aber schon härter regnen, so daß die aufprallenden Regentropfen zurück spritzen und den mitgerissenen Keimzellen eine kleine Luftreise ermöglichen. Man sieht schon, so richtig ausgereift ist das Verfahren noch nicht.



Bild 18: Sternmoos *Mnium hornum* in ausgetrocknetem Zustand



Bild 19: Sternmoos *Mnium hornum* in feuchtem Zustand



Bild 20: Kissenmoos *Rhacomitrium lanuginosum* mit Glashaaren und Sporophyten

Wie auch immer, bei Erfolg entwächst dem Archegonium, dem weiblichen Geschlechtsorgan, der Sporenbehälter (Bild 17 und 20). Dies ist komplizierter, als es zunächst aussieht, denn die geschlechtlichen Moospflanzen sollten eigentlich ja gar keine Sporen bilden können. Tun sie auch nicht. Der Sporenbehälter, der sogenannte Sporophyt, ist nämlich eine selbstständige Pflanze und nicht nur ein bloßer Auswuchs als Teil einer insgesamt ungeschlechtlichen Pflanze wie das Sporangium beim Bärlapp. Wie geht das?

Der Sporophyt stellt die ungeschlechtliche, Sporen werfende Generation dar. Er wächst als Parasit auf dem weiblichen Moos, indem er Saugwurzeln in die Pflanzen treibt, ganz ähnlich wie die Misteln es auf ihren Wirtsbäumen tun, nur daß dieser Parasitismus im Sinne des Wirtes, der weiblichen Moospflanze, ist. Der Sporophyt entläßt die Sporen, aus denen wiederum männliche oder weibliche Pflänzchen der nächsten geschlechtlichen Generation keimen.

Auch in einer anderen Hinsicht sind Moose stark vom Wasser abhängig: Sie können zwar Nährstoffe von ihrer Unterlage aufnehmen, die dann von Zelle zu Zelle weitergereicht werden, nennenswerte Wassermengen jedoch nicht, da ja leistungsfähige Leitbündel, wie sie höhere Pflanzen für einen effektiven Wassertransport haben, den Moosen fehlen. Wasser kann also nur direkt über die Blättchen von der gesamten Pflanze aufgenommen werden. Kein Wunder, daß Moose um so üppiger gedeihen, je feuchter die Umgebung ist. Da die meisten Moose auch keine Möglichkeit haben, Wasser zu speichern, besitzen diese Arten oft eine erstaunliche Fähigkeit, komplett auszutrocknen, wenn es dennoch im Hochsommer einmal zu Wasserknappheit kommt (Bild 18 - Sternmoos). Regnet es dann wieder, füllt sich das Moos erneut mit Wasser, die Blättchen straffen sich, und das Leben geht weiter (Bild 19 - ebenfalls Sternmoos).



Bild 21: Spieß-Torfmoos *Sphagnum cuspidatum*

Bild 22: Lebende, grüne Zellen, die ein Netz bilden; dazwischen tote Zellen, die als Wasserspeicher dienen - *Sphagnum imbricatum*

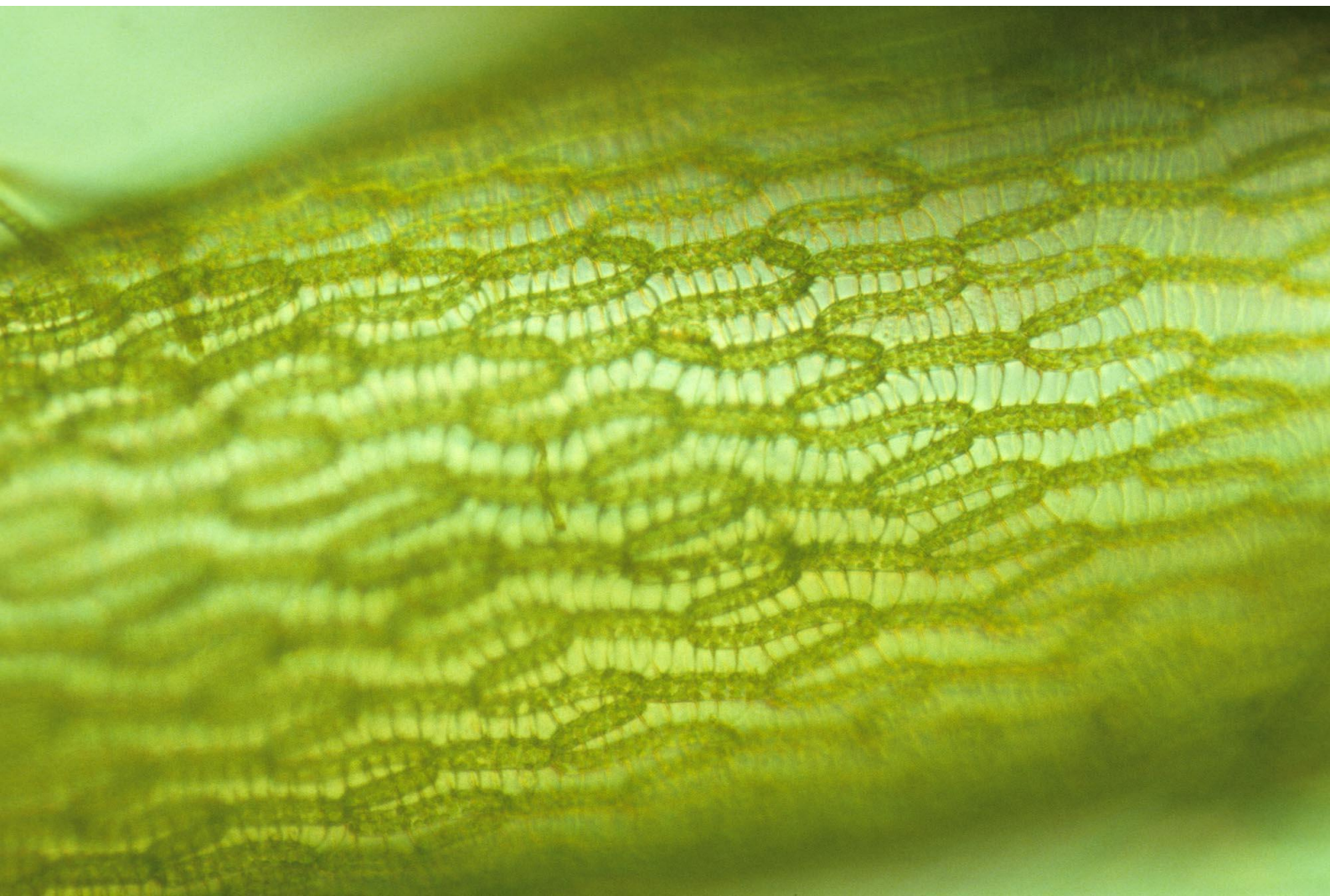




Bild 23: Das Ahlen-Falkenberger Moor bei Bederkesa, eines der letzten intakten Hochmoore Norddeutschlands

Viele Moose, die auf trockeneren Standorten zu Hause sind, haben außerdem noch eine weitere Anpassung entwickelt: Glashaare. Das sind durchsichtige, fadenförmige Auswüchse der Blättchen, die einen durchsichtigen Schirm über das Moospolster legen (Bild 20 - Kissenmoos), der ähnlich wie die Glasscheiben eines Gewächshauses das bei der Photosynthese verdunstete Wasser zurückhält. Das hilft durchaus.

Eine besondere Moosgruppe hat dann aber eine richtig effiziente Methode zur Wasserspeicherung hervor gebracht: Die Torfmoose (Bild 21 - Spieß-Torfmoos). Legt man ein Torfmoosblättchen unter das Mikroskop, kann man ein Netzwerk von lebenden Zellen mit Blattgrün erkennen, die die Photosynthese leisten. Dazwischen aber sind abgestorbene und leere Zellen eingefügt, deren einzige Funktion es ist, als Wasserbehälter zu dienen (Bild 22). Und das klappt so gut, daß Torfmoose ins Gigantische anwachsende Polster bilden können, die völlig vom Grundwasser unabhängig werden und ihren gesamten Wasserbedarf aus Niederschlägen decken, nämlich die Hochmoore (Bild 23). In solch einem Hochmoor ist dann sogar Raum für mehrere Torfmoosarten, von solchen, die auf den erhöhten Bulten in den etwas trockeneren Bereichen zu Hause sind und oft prächtig rote Färbungen aufweisen (Bild 24 - Braunes Torfmoos) bis zu jenen, die in den nassen Schlenken und Kolken wachsen (Bild 25 - Spieß-Torfmoos).

Der durch diese Torfmoose abgelagerte Torf wird seit Jahrhunderten als Brennmaterial, als Dünger und in modernen Zeiten auch als Zellstofflieferant für Rauchgasfilter abgebaut. Heute gibt es längst bessere Heizmöglichkeiten, Gartenerden und Filterstoffe, und daß der Torfabbau auch bei uns, geschweige denn im Rest der Welt nicht längst eingestellt und verboten ist, ist ein Skandal. Torf abzubauen ist inzwischen so sinnlos wie umweltschädlich.

Wir brauchen die Moore nämlich in diesen Zeiten der Klimakrise, um das Zuviel an Kohlendioxid in der Atmosphäre wieder los zu werden. Wenn es durch die Torfmoose aufgenommen und letztendlich als Torf festgelegt wird, ist es dauerhaft gespeichert und im wahren Sinne des Wortes entsorgt. Darin



Bild 24: Braunes Torfmoos *Sphagnum fuscum*

Bild 25: Von Spieß-Torfmoos *Sphagnum cuspidatum* durchwachsender Kolk





Bild 26: Steifblättriges Widerton-Moos *Polytrichum strictum*

sind Moore unschlagbar und überbieten auch alle anderen Vegetationsformen, selbst Wälder. Das haben wir längst erkannt, aber inkonsequent, wie wir sind, tun wir uns schwer, den Unfug des Torfabbaus abzustellen und die zerstörten Hochmoore wiederherzustellen, die wir für den Klimaschutz so dringend brauchen. Statt dessen stoßen die abgetragenen, anschließend entwässerten und urbar gemachten Mooregebiete heute weiterhin riesige Mengen Kohlendioxid aus, statt sie zu binden, da nun der Torf und das in ihm gebundene Kohlendioxid wieder in Umlauf gebracht wird. Aus diesem Grund ist die Wiedervernässung dieser Flächen eine so wichtige und unverzichtbare Maßnahme. Aber was ist dann mit den Bauern, denen man mal erzählt hat, was für eine tolle Leistung es ist, sich auf diesen Mooren anzusiedeln und ihnen Ernten abzutrotzen, und die sich jetzt plötzlich als die Bösen wiederfinden?

Andere Nutzungen von Moosen sind hingegen inzwischen so gut wie vergessen. So wurden die stattlichen Widertonmoose (Bild 26) früher zum Abdichten von Bootsbeplankungen und Hausverkleidungen herangezogen, aber auch als Polstermaterial in Matrasen gestopft. Ihren eigentlichen Wert hatten sie aber als Zaubermittel: Ihr Name Widerton leitet sich von „Wider das Antun“, also „gegen böse Anschläge“ ab. Wenn man sieht, was in unserer Zeit so vor sich geht, kann man sich durchaus versucht fühlen, erneut Zuflucht zu solch magischer Verwendung zu suchen...