

Zeitschrift: Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen
Band: 67 (2015)

Artikel: Moose im Kanton Schaffhausen
Kapitel: Artenvielfalt, Biogeographie und Ökologie der Moose
Autor: Bergamini, Ariel
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-584695>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

3 Artenvielfalt, Biogeographie und Ökologie der Moose

3.1 Artenvielfalt – weltweit, in Europa und in der Schweiz

Mit ihren 15'000 bis 20'000 Arten sind Moose hinter den Samenpflanzen die zweitartenreichste Gruppe der Landpflanzen. Ähnlich wie bei vielen anderen Gruppen sind die Tropen besonders reich an Moosarten, und zwar insbesondere an Lebermoosen. Allerdings sind bei den Moosen nicht die Tieflandregenwälder, sondern die Bergregenwälder mit ihren häufigen Nebellagen sehr artenreich. Dort bilden Moose oft dicke Überzüge und eindruckliche Gehänge an den Ästen der Bäume und können eine grosse Biomasse entwickeln (Abb. 3.1). Interessanterweise sind aber nicht so sehr einzelne tropische Gebiete oder Länder besonders artenreich, sondern erst die Kombination der Moosfloren verschiedener tropischer Regionen führt zum grossen Artenreichtum der Tropen. Vergleicht man die Moosfloren gleich grosser Gebiete der Tropen mit solchen ausserhalb der Tropen, erscheinen die Tropen kaum artenreicher,



Abb. 3.1: Bergregenwald in Costa Rica auf ca. 2700 m ü. M. Moose wachsen hier vor allem epiphytisch auf Bäumen und können eine grosse Biomasse erreichen.

zumindest bei den Laubmoosen. So sind z. B. selbst Gebiete in Grönland, Sibirien oder Kanada ähnlich reich an Laubmoos-Arten wie gewisse gleich grosse tropische Gebiete. Bei den Lebermoosen sind hingegen die Tropen tatsächlich artenreicher, selbst wenn gleich grosse Gebiete verglichen werden.

Weltweite Diversitätsmuster sind bei Moosen schwierig zu untersuchen, da über die Moosfloren vieler Länder noch wenig bekannt ist. Dies gilt insbesondere für viele afrikanische Länder. Ein auffälliges Muster ist aber, dass Moose im Vergleich zu den Gefässpflanzen polwärts immer wichtiger werden. In arktischen Tundren ist die Zahl der Moosarten oft höher als diejenige der Gefässpflanzen und auch die Biomasse der Moose kann diejenige der Gefässpflanzen übertreffen. Auf ähnliche Verhältnisse trifft man in alpinen Gebieten, wo Moose auf lange von Schnee bedeckten Böden oft dominieren.

In Europa kommen rund 1700 Moosarten vor, in der Schweiz 1100. Die genauen Zahlen sind einem ständigen Wandel unterzogen, da immer wieder neue Arten entdeckt werden und sich die Auffassungen betreffend Arten und Unterarten ändern. Mit 1100 Arten oder zwei Dritteln aller europäischen Arten ist die Schweiz im Verhältnis zu ihrer Grösse ausgesprochen reich an Moosen. In den ähnlich grossen Niederlanden kommen nur 580 Moosarten vor. Die hohe Moosartenzahl der Schweiz lässt sich allerdings mit der Vielfalt der Umweltbedingungen erklären, die zu einem wesentlichen Teil durch die Alpen bedingt ist. Der extreme Höhengradient und die vielfältige Topographie der Alpen führen zusammen mit ihrem geologischen Reichtum zu einer Vielzahl unterschiedlichster Lebensräume. Mit der Südschweiz kommt ein zusätzliches biogeographisches Element hinzu, was zu einer weiteren Erhöhung der Artenzahl führt.

Betrachtet man die Artenzahlen der Moose in der Schweiz entlang des Höhengradienten, so zeigt sich, dass mittlere Höhenlagen um 1500 m ü. M. besonders artenreich sind. In dieser Höhenlage können auf hundert Quadratmetern über sechzig Moosarten vorkommen. Verschiedene Faktoren führen zu diesem Artenreichtum. Zum Beispiel ist die Vielfalt an Kleinstandorten in dieser Höhenlage oft hoch und die Landnutzung weniger intensiv als in tieferen Lagen. Auch überlappende Verbreitungsgebiete können zu diesem Artenreichtum beitragen: Auf dieser Höhenstufe können sowohl noch Arten der tieferen Lagen als auch bereits alpine Arten vorkommen. Beim GEO-Tag der Artenvielfalt am Albulapass 2008 konnten innerhalb von nur 24 Stunden 213 Moosarten in einem 11.4 km² grossen Untersuchungsgebiet gefunden werden. Das Untersuchungsgebiet lag zwischen 1500 und 2100 m ü. M., also im Übergangsbereich zwischen subalpiner und alpiner Höhenstufe.

Die Artenzahl nimmt in alpinen und nivalen Gebieten deutlich ab, zu harsch sind da die Lebensbedingungen. Einige Arten schaffen es aber selbst im Gipfelbereich des Doms noch, zu überleben: zwischen 4505 und 4543 m ü. M. wurden noch drei Moosarten gefunden, nämlich *Bryum bicolor* aggr., *Syntrichia ruralis* und ein nicht genauer bestimmbares Laubmoos. Erstaunlicherweise handelt es sich aber mindestens bei den beiden erstgenannten Arten nicht um alpine Spezialisten, sondern um ausgesprochene Generalisten, die auch im Tiefland, z. B. in Schaffhausen, vorkommen.

Auch in tiefen Lagen können hohe Artenzahlen in relativ kleinen Gebieten beobachtet werden, allerdings nicht in solchen, die durch intensive Landwirtschaft geprägt sind. So können Wälder in tiefen Lagen oft artenreich sein, insbesondere dann, wenn die Waldwirtschaft nicht intensiv betrieben wird, wenn also auch alte Bäume und Totholz vorhanden sind oder zusätzliche Landschaftselemente wie Felsblöcke. Bei einer intensiven Untersuchung in einem von Kalkblöcken durchzogenen Waldreservat bei Seewen (Kt. Solothurn) konnten 129 Moosarten auf nur gerade 0.8 Hektaren festgestellt werden. Aber selbst urbane Gebiete können recht reich an Moosen sein. So wurden in der Aarauer Innenstadt 77 Moosarten gefunden.

Auch auf kleinen Flächen kann die Moosvielfalt beachtlich sein (Abb. 3.2). Bäume können z. B. auf den untersten zwei Metern ihres Stammes ein bis zwei Dutzend Moosarten aufweisen, und in alpinen Rasen können bereits auf

einem Quadratdezimeter zehn Arten vorkommen. Dabei handelt es sich oft um kleine Arten, die durchmischt wachsen. Entsprechend zeitaufwändig ist das Untersuchen der Moosflora in solchen Habitaten.

3.2 Biogeographie – Wie erklärt man Verbreitungsmuster?

Viele Moosarten haben ausgesprochen grosse Verbreitungsgebiete. So gibt es viele Arten, die in Skandinavien, Russland und im nördlichen Nordamerika vorkommen, also über die gesamten borealen Gebiete der nördlichen Halbkugel verbreitet sind. Die Moosfloren dieser Gebiete



Abb. 3.2: Die Artenvielfalt von Moosen kann bereits auf sehr kleinen Flächen gross sein. Im Zentrum des Bildes wachsen mindestens fünf Moosarten zusammen auf weniger als 20 cm².

sind sich deshalb relativ ähnlich. Rund 70 % der Moosarten Europas kommen auch in Nordamerika vor. Dies trifft etwa für *Metzgeria furcata*, ein häufiges thallöses Lebermoos in den Wäldern Schaffhausens, zu, das auch im östlichen Nordamerika auftritt (Abb. 3.3). *Lepidozia reptans*, ein beblättertes Lebermoos, dass bei uns auf alten Baumstrünken gefunden werden kann (Abb. 3.4), ist fast über die gesamte nördliche Halbkugel mit Ausnahme der arktischen Gebiete verbreitet, kommt aber auch in den zentralafrikanischen Hochgebirgen vor. Bei den Gefässpflanzen ist der Anteil gemeinsamer Arten zwischen Nordamerika und Europa viel geringer als bei den Moosen: nur 6.5 % aller Gefässpflanzen Nordamerikas und Europas kommen in beiden Regionen vor. Auch das Mittelmeergebiet und das westliche Nordamerika haben viele Moosarten gemeinsam, ebenso Westeuropa und das östliche Nordamerika.

Wie kommt es, dass Moose so weit verbreitet sind und die gleichen Arten in räumlich isolierten Gebieten vorkommen? Diese Frage beschäftigt die Biogeographen schon seit langer Zeit. Zwei Hypothesen stehen im Vordergrund: Kontinentaldrift und (interkontinentale) Fernausbreitung.

Die Moose als Gruppe sind schon sehr alt. Sie hatten also sehr viel Zeit, sich über grosse Gebiete auszubreiten, und konnten die Kontinente noch vor ihrem Auseinanderdriften besiedeln. Der Zerfall von Gondwana, dem grossen Südkontinent, begann vor ungefähr 180 Millionen Jahren und war vor ungefähr 80 bis 53 Millionen Jahren abgeschlossen. Südamerika, Australien und



Abb. 3.3: Das thallöse Lebermoos *Metzgeria furcata* lässt sich auch in den Wäldern Schaffhausens finden. Es ist in Europa weit verbreitet und kommt auch im östlichen Nordamerika vor. Die Breite der Thalli beträgt 0.8–1 mm.



Abb. 3.4: *Lepidozia reptans*, ein beblättertes Lebermoos, ist fast über die gesamte nördliche Halbkugel mit Ausnahme der arktischen Gebiete verbreitet und kommt auch in den zentralafrikanischen Hochgebirgen vor. Die Sprösschen sind ca. 1 mm breit.

Neuseeland sind deshalb schon sehr lange isoliert. Dies mag einer der Gründe sein, warum in diesen Gebieten der Anteil von endemischen, also nur in einem Gebiet vorkommenden, Moosarten relativ hoch ist (allerdings viel kleiner als der Anteil an endemischen Gefässpflanzen). Laurasia, der grosse Nordkontinent, zerfiel viel später als Gondwana, und Landbrücken verbanden die Kontinente noch während langer Zeit. So war der Nordamerikanische Kontinent mit Russland über die Beringstrasse bis vor ca. 5.5 Millionen Jahren verbunden. Die grosse Ähnlichkeit der europäischen und der nordamerikanischen Moosflora könnte also daher kommen, dass die Gebiete noch gar nicht so lange räumlich voneinander getrennt sind.

Die Kontinentaldrift-Theorie als Erklärung für grosse und verstreute Verbreitungsgebiete setzt voraus, dass sich die Moose in den getrennten Teilgebieten nicht weiter entwickelten, dass also die Evolution bei ihnen praktisch zum Stillstand gekommen wäre. Erstaunlicherweise gibt es tatsächlich Hinweise, die auf einen solchen Stillstand hindeuten. Moose, die in baltischem Bernstein gefunden werden und zwischen 37 und 57 Millionen Jahre alt sind, lassen sich meist heute noch existierenden Gattungen und sogar Arten zuordnen. Moose mit weiter Verbreitung könnten also tatsächlich sehr alt sein und sich in den letzten ca. 50 Millionen Jahren kaum mehr morphologisch verändert haben.

Eine andere Möglichkeit, nicht-zusammenhängende Verbreitungsgebiete zu erklären, ist die Fernausbreitung durch Sporen. Moossporen sind sehr klein (meist im Bereich von 0.01–0.02 mm) und können, wenn sie einmal höhere Luftschichten erreicht haben, leicht über Hunderte oder Tausende von Kilometern transportiert werden. Es konnte experimentell gezeigt werden, dass Sporen von Moosen, die weit verbreitet sind, die extremen Strahlungs- und Temperaturbedingungen, die in höheren Luftschichten herrschen, überleben.

Falls also immer noch ein genetischer Austausch durch Sporen zwischen räumlich weit auseinanderliegenden Population stattfindet, müsste man eigentlich eine sehr geringe genetische Unterschiedlichkeit zwischen Populationen der gleichen Art auf den verschiedenen Kontinenten finden. Falls hingegen kein Austausch mehr stattfindet, müssten sich solche Populationen genetisch deutlich unterscheiden, auch wenn sie morphologisch vielleicht noch identisch sind. Diese Hypothese wird zurzeit mittels genetischer Methoden an verschiedenen Moosen getestet. Es zeigt sich immer deutlicher, dass Fernausbreitung durch Sporen tatsächlich möglich ist, dass also auch heute noch interkontinentaler Austausch zwischen Populationen stattfindet.

Anders als mit Fernausbreitung ist zum Beispiel das extrem isolierte Vorkommen von *Lepidozia reptans* in den afrikanischen Hochgebirgen kaum zu erklären.

Gebietsfremde Pflanzen oder Neophyten, die sich invasiv verhalten, sind im Naturschutz ein wichtiges Thema, da sie einheimische Arten verdrängen können und ihre Bekämpfung sehr aufwändig ist. Oft stammen Neophyten aus Nordamerika, wie die Goldrute, oder aus Ostasien, wie der Japanische Staudenknöterich. Interessanterweise gibt es bei Moosen kaum Neophyten. Dies liegt wohl in erster Linie daran, dass Moose im Durchschnitt ein sehr viel grösseres natürliches Verbreitungsgebiet haben als Samenpflanzen.

Viele der bei uns heimischen Moose sind über die gesamte nördliche Halbkugel verbreitet, d. h. sie können gar nicht mehr eingeschleppt werden. Auch werden Moose kaum absichtlich eingeführt, wie dies bei Samenpflanzen der Fall ist. Unabsichtliche Einschleppungen von Moosen mit Gartenpflanzen sind aus England dokumentiert, doch verhalten sich die eingeschleppten Moose nur in den seltensten Fällen invasiv.

Eine der wenigen invasiven Moosarten in Europa, welche teilweise auch Probleme verursacht, ist das sogenannte Kaktusmoos *Campylopus introflexus* (Abb. 3.5). Die Art stammt ursprünglich aus Südamerika und wurde 1941 zum ersten Mal in England gefunden. Von dort aus breitete sie sich über fast ganz Europa aus. 1954 wurde sie zum ersten Mal auf dem europäischen Festland in der Bretagne gefunden, 1980 zum ersten Mal in der Schweiz. Mittlerweile ist sie im Schweizer Mittelland weit verbreitet, doch verursacht sie bei uns kaum Probleme. Die Art kommt auf sauren Böden in lichtreichen Wäldern oder auf trockenen Torfböden vor. Dort kann sie 2 – 10 cm hohe, quadratmetergrosse Teppiche bilden. Die Art breitet sich lokal leicht durch abbrechende Triebspitzen aus, durch die häufig gebildeten Sporophyten ist auch Fernverbreitung möglich. Im Kanton Schaffhausen wurde *Campylopus introflexus* bisher nur einmal östlich von Ramsen gefunden.



Abb. 3.5: Das Kaktusmoos *Campylopus introflexus* ist eine der wenigen invasiven Moosarten in der Schweiz.

Eine zweite nicht-einheimische Art, die man vor allem in Städten oder zumindest in Stadtnähe finden kann, ist *Lunularia cruciata*, ein thalloses Lebermoos mit auffälligen, halbmondförmigen Brutbechern auf der Thallusoberseite (Abb. 3.6). Die Art ist im mediterranen Raum heimisch und bildet dort auch häufig Sporophyten aus. Bei uns wurde die zweihäusige Art noch nie mit Sporophyten gefunden. Die Art breitet sich bei uns deshalb wohl nur vegetativ mit den in den Brutbechern gebildeten Brutkörpern aus. In der Schweiz wurde *Lunularia cruciata* 1855 in Bern zum ersten Mal gefunden. Im Kanton Schaffhausen wurde sie bisher drei Mal festgestellt, u. a. auf dem Münsterplatz in der Schaffhauser Altstadt und auf dem Waldfriedhof.

3.3 Ökologie

3.3.1 Spezialisten und Generalisten

Moose besiedeln fast alle Lebensräume der Erde, auch sehr trockene Gegenden wie Halbwüsten (Abb. 3.7). Einzig in den Ozeanen fehlen sie, da sie Salzwasser nicht ertragen. Ein paar wenige Laubmoose sind allerdings auf Küstenfelsen zu finden, und die Lebermoosgattung *Riella* lebt in brackischem Wasser. In vielen Lebensräumen fallen Moose optisch kaum auf, meist überwiegen Gefässpflanzen. In einigen Habitaten dominieren aber die Moose, so z. B. in Hochmooren (Abb. 3.8) oder in Quellfluren (Abb. 3.9). Dominant



Abb. 3.6: *Lunularia cruciata*, ein ursprünglich aus dem mediterranen Raum stammendes thalloses Lebermoos, kommt bei uns oft in Städten vor. In den halbmondförmigen Becherchen werden kleine, scheibenförmige Brutkörper gebildet, die sich leicht ablösen und der vegetativen Vermehrung dienen.



Abb. 3.7: Verschiedene thallose Lebermoose in einer Halbwüste in Westaustralien. Die jährliche Niederschlagsmenge beträgt ungefähr 200 bis 300 mm (zum Vergleich: In der Stadt Schaffhausen beträgt sie ca. 900 mm). Die Lebermoose sind hier jeweils nur kurz nach Regenfällen sichtbar. Im trockenen Zustand sind sie eingerollt und kaum zu finden.



Abb. 3.8: Hochmoor in Feuerland, welches vom rötlichen *Sphagnum magellanicum* dominiert wird, einem Torfmoos, das auch in Europa weit verbreitet ist.



Abb. 3.9: In Quellfluren in den Alpen sind Moose oft vorherrschend.



Abb. 3.10: Auf Felsen sind oft üppig entwickelte Moosgesellschaften zu finden. Auf besonnten Felsen, wie auf diesem Bild aus dem Wallis, sind es meist Polstermoose aus der Familie der Grimmiaceae.

sind Moose nur, wenn Gefäßpflanzen mit den vorherrschenden Bedingungen Mühe bekunden. Ansonsten ist die Konkurrenz um Licht und Raum durch Gefäßpflanzen zu gross, als dass Moose sich behaupten könnten.

Aufgrund ihrer Fähigkeit, Wasser und Nährstoffe über die gesamte Oberfläche aufzunehmen, sowie ihrer Toleranz gegenüber Austrocknung können Moose Habitate besiedeln, die für Gefäßpflanzen – zumindest ausserhalb der Tropen – nicht oder kaum zugänglich sind, wie z. B. blanke Felsflächen (Abb. 3.10) oder die Borke von Bäumen (Abb. 3.11). Moose gelten aufgrund dieser Fähig-



Abb. 3.11: Epiphytische Moose auf Ästen und an Baumstämmen. Hier können sich Moose ohne Konkurrenz durch Gefäßpflanzen entwickeln.



Abb. 3.12: Palmenblatt im Regenwald von Costa Rica, dicht bewachsen mit verschiedenen Moosarten. Meist dominieren Lebermoose aus der Familie der Lejeuneaceae.

keiten nicht zu Unrecht als Pionierpflanzen. In subtropischen und tropischen Gebieten werden sogar die relativ langlebigen Blätter von Gefäßpflanzen von Moosen besiedelt (Abb. 3.12).

Sehr ungewöhnliche Substrate haben sich die Mitglieder der Familie der Dungmoose oder Splachnaceae ausgesucht. Diese Moose haben sich darauf spezialisiert, auf Dung oder Kadavern zu wachsen (Abb. 3.13). Dung oder Kadaver sind selten, normalerweise klein und nur über kurze Zeit vorhanden. Wie schaffen es die Dungmoose, diese Substrate zu finden? Mit ungerichteter, zufälliger Ausbreitung der Sporen durch den Wind scheint dies kaum möglich. Im Gegensatz zu



Abb. 3.13: *Splachnum sphaericum* aus der Familie der Dungmoose auf einem alten Kuhfladen, mit zahlreichen, noch nicht ganz reifen Sporophyten.

allen anderen Moosen werden die Sporen vieler Dungmoose nicht durch den Wind, sondern durch Fliegen verbreitet. Wenn es darum geht, Dung oder Kadaver zu finden, sind Fliegen natürlich sehr viel zuverlässiger als Wind. Auffällig rötlich oder bräunlich gefärbte Sporophyten, die zudem Gerüche abgeben, die den Verwesungsgerüchen von Kadavern ähnlich sind, locken die Fliegen an. Teilweise sind die Mooskapseln in ihrem unteren Bereich schirmartig erweitert und bilden damit Landeplattformen für Fliegen (Abb. 3.14). Die Sporen der Dungmoose sind zudem oft etwas klebrig, klumpen zusammen und bleiben leicht an Fliegenbeinen hängen.

Einige Moose bilden sogar selbst das Substrat, auf dem sie wachsen, nämlich die sogenannten Tuffmoose wie z. B. *Palustriella commutata* (Abb. 3.15). Diese Tuffmoose kommen oft an Quellaustritten mit stark kalkhaltigem Wasser vor. Durch CO₂-Entzug aus dem Wasser wird Kalk ausgefällt, welcher sich auf und zwischen den Moosen ablagert und mit der Zeit ein lockeres Gestein bildet, den Tuffstein.



Abb. 3.14: *Splachnum rubrum*, eine skandinavische Dungmoos-Art. Die Kapseln dieser Art sind in ihrem untern Teil schirmartig erweitert. Sporen werden nur im kleinen, zylindrischen Bereich oben auf den Schirmchen gebildet. Zur Verbreitung der Sporen dienen Fliegen. Diese werden durch die rote Farbe der reifen Sporophyten sowie durch Aasgeruch angelockt. Die Schirmchen dienen unter anderem als Landeplattform für die Fliegen.

Viele weitere Moose sind eigentliche Substratspezialisten. So kommen bestimmte Arten nur auf Kalkfelsen vor, andere nur auf Silikatfelsen. Je nach dem Kalkgehalt liegt also eine ganz andere Moosflora vor. Saure Findlinge in kalkreichen Gebieten wie dem Kanton Schaffhausen sind deshalb immer besonders interessant, können auf ihnen doch lokal seltene Arten gefunden werden (Abb. 3.16). Andere Arten wachsen ausschliesslich auf der Borke lebender Bäume, andere nur auf totem, morschem Holz und wieder andere nur auf trockener oder feuchter Erde oder auf Torf.

Neben den Substratspezialisten gibt es natürlich auch Generalisten, die auf verschiedensten Substraten vorkommen können und meist häufig und weit verbreitet sind, wie z. B. das Schlafmoos (*Hypnum cupressiforme*, Abb. 3.17), eines der häufigsten Moose der Schweiz.



Abb. 3.15. Das Elisabethen-Bränneli nordöstlich von Oberwiesen wurde 1947 erstellt. Um die Brunnenröhre herum hat sich eine dicke, mit Moosen (hauptsächlich *Palustriella commutata*) bewachsene Tuffschicht gebildet.

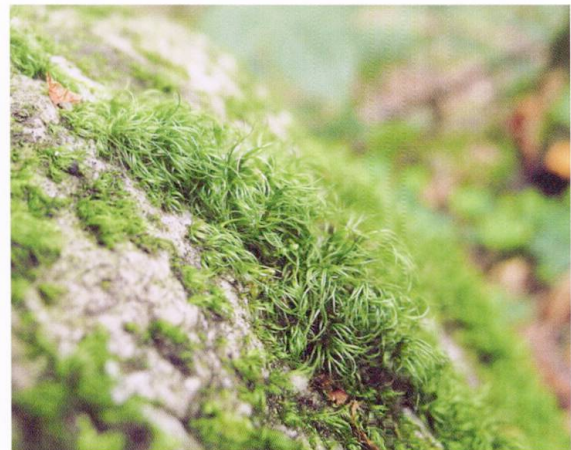


Abb. 3.16. Links: Der Graue Stein auf dem Südranden, ein Quarzitblock, der während der Risseiszeit vor ungefähr 200'000 Jahren durch den Linthgletscher im Südranden abgelagert wurde. Rechts: Auf dem Stein wächst unter anderem *Paraleucobryum longifolium*, ein Laubmoos, das nur auf saurem Gestein vorkommt und im Kanton Schaffhausen bisher nur hier gefunden wurde, im Schwarzwald aber häufig vorkommt und den Stein vielleicht von dort her besiedelt hat.



Abb 3.17: Das Schlafmoos *Hypnum cupressiforme* ist ein Substratgeneralist und kommt auf Erde, Gestein, Totholz und auch epiphytisch auf der Borke von Laub- und Nadelbäumen vor. Es gehört zu den häufigsten Arten der Schweiz.

Ebenso gibt es Spezialisierungen in Bezug auf bestimmte Umweltfaktoren, wie man das von anderen Organismengruppen kennt. So ist z. B. die Temperatur ein sehr wichtiger Faktor, der das Vorkommen vieler Arten bestimmt und in den Alpen zu einer ähnlichen Höhenzonierung wie bei den Gefäßpflanzen führt: Es gibt subalpine, alpine und nivale Moosarten. Andere wichtige Faktoren sind die Feuchtigkeit und der Nährstoffgehalt des Substrates. Moose werden deshalb auch als Zeigerorganismen eingesetzt, um Wuchsorte zu charakterisieren oder Umweltveränderungen zu messen.

3.3.2 Lebensstrategien

Neben der Beschaffenheit des Substrates (z. B. trocken, feucht, nährstoffarm, nährstoffreich etc.) spielt dessen Dauerhaftigkeit eine wichtige Rolle für Moose. Während Kuhfladen oder Kadaver von Kleintieren nicht lange bestehen, überdauern Felsen Jahrhunderte fast unverändert. Irgendwo dazwischen liegt

die Borke von Bäumen, welche in unseren Wirtschaftswäldern ungefähr 100 Jahre alt werden. Damit sich Moose auf diesen sehr unterschiedlich lange zur Verfügung stehenden Substraten erfolgreich fortpflanzen können, mussten sie verschiedene Strategien entwickeln: Die Lebensdauer der verschiedenen Substrate oder Lebensräume hat damit die Evolution der Moose massgeblich beeinflusst.

Je weniger lange ein Substrat zur Verfügung steht, desto schneller müssen Moose ihren Lebenszyklus durchlaufen und desto mehr müssen sie in die sexuelle Fortpflanzung investieren. Besteht ein Substrat nur für wenige Monate, so ist es für die Moose überlebenswichtig, dass sie rechtzeitig reife Sporen ausbilden und so entweder einen neuen Ort mit geeignetem Substrat finden oder an Ort und Stelle mit Sporen im Substrat abwarten, bis der Ort wieder geeignet ist. Die erste Strategie wird zum Beispiel vom Feuerstellenmoos *Funaria hygrometrica* verfolgt. Diese Art kann in Wäldern oft auf frischen Feuerstellen mit Hunderten bis Tausenden von Sporophyten gefunden werden (Abb. 3.18). Die Feuerstellen werden schon wenige Monate nach einem Feuer von *Funaria hygrometrica*-Sprösschen überzogen. Von der Sporen-



Abb. 3.18: Das Feuerstellenmoos *Funaria hygrometrica* ist oft auf alten Feuerstellen zu finden. Die Art bildet Hunderte oder gar Tausende von Sporophyten aus.



Abb. 3.19: Links: Trocken gefallene Seeufer bieten verschiedenen, meist seltenen, kurzlebigen Moosen einen geeigneten Lebensraum. Rechts: *Riccia cavernosa*, ein Sternlebermoos, kann an solchen Seeufern gefunden werden. Die Art produziert sehr grosse Sporen (0.06–0.12 mm im Durchmesser). Diese überdauern bei Überschwemmung monate- oder jahrelang im Schlamm, bis das Ufer wieder trocken fällt.

keimung bis zu den reifen Kapseln dauert es ungefähr ein Jahr. Viel länger darf es auch nicht dauern, da schon bald Gefässpflanzen auf einer Feuerstelle zu keimen beginnen und nach und nach das Moos verdrängen. Eine solche Kolonie von *F. hygrometrica* auf einer Feuerstelle produziert Hunderte oder sogar Tausende von Sporophyten. Eine einzelne Kapsel enthält um die 500'000 Sporen. Da die Sporen klein sind, werden sie leicht mit dem Wind ausgebreitet. Dank den Milliarden von Sporen, die pro Feuerstelle freigesetzt werden, schaffen es auch einige wieder, eine neue Feuerstelle zu erreichen.

Andere kurzlebige Arten verfolgen eine andere Strategie: Sie bilden grosse Sporen, die wenig ausgebreitet werden. Diese Strategie ist dann sinnvoll, wenn am gleichen Ort geeignetes Substrat periodisch wieder verfügbar wird. Dies ist zum Beispiel bei regelmässig trockenfallenden Seeufern der Fall, die einer Reihe von kurzlebigen Arten einen geeigneten Lebensraum bieten (Abb. 3.19).

Moose langlebiger Substrate oder Lebensräume (z. B. Felsen, Waldboden, Borke von Bäumen), die entsprechend auch eine längere Lebenserwartung haben, investieren zuerst vor allem in vegetatives Wachstum, um den Wuchsort lokal zu besetzen. Teilweise produzieren sie auch schon früh asexuelle Verbreitungseinheiten, die sexuelle Fortpflanzung beginnt aber meist erst nach einigen Jahren.

3.3.3 Die Rolle der Moose in Ökosystemen

Moose erfüllen in vielen Lebensräumen wichtige ökologische Funktionen und beeinflussen sogar globale Stoffkreisläufe. So spielen sie zum Beispiel eine sehr wichtige Rolle im globalen Kohlenstoffhaushalt. Auf der nördlichen Halbkugel, v. a. in Nordamerika, Russland und Nordeuropa, sind riesige Flächen von Torfmooren bedeckt und es wird geschätzt, dass in diesen Mooren 450 Gigatonnen CO_2 gespeichert sind, was annähernd 60 % des gesamten in der Atmosphäre vorhandenen CO_2 entspricht. Torfmoore bestehen hauptsächlich aus Torfmoosen (Gattung *Sphagnum*). Diese bedecken praktisch die ganze Oberfläche der Torfmoore. Torfmoose bilden dichte Teppiche aus aufrecht wachsenden Sprösschen (Abb. 3.20). Dieser Teppich wächst jedes Jahr ein wenig in die Höhe und die älteren Teile werden dadurch langsam begraben. Da es in Hochmooren sehr nass und sauer ist, baut sich die Biomasse der begrabenen Moose nicht ab, sondern sie vertorft und häuft sich langsam an. Pro Jahr wächst so das Moor um ca. 1 mm in die Höhe. Torfmoore sind also Kohlenstoffsenken, die der Atmosphäre Kohlenstoff entziehen und langfristig lagern. Bei der Zerstörung der Torfmoore, durch Torfabbau oder künstliche



Abb. 3.20: Dichtes Polster von *Sphagnum capillifolium*, einem Torfmoos, am Lukmanierpass.

Entwässerung, wie das noch immer in vielen Gegenden passiert, werden deshalb riesige Mengen CO_2 in die Atmosphäre freigesetzt.

In Lebensräumen mit einer hohen Biomasse oder zumindest einer hohen Deckung von Moosen – neben Mooren z. B. auch Fichtenwälder oder gewisse Wiesen – können Moose auch den Nährstoff- und den Wasserhaushalt beeinflussen. Alle Nährstoffe, die mit dem Regen eingetragen werden, müssen in solchen Systemen zuerst die Mooschicht passieren. Da Moose Nährstoffe gut binden, wirken sie als Nährstofffilter, und zwar auch im Winter, wenn die Gefäßpflanzen keine Nährstoffe aufnehmen, die immergrünen Moose aber aktiv sind, solange kein Frost herrscht. Die Nährstoffe werden erst wieder abgegeben, wenn die Moose absterben und abgebaut werden.

Moose können sehr grosse Wassermengen aufnehmen (bis zum 25-fachen ihres Trockengewichts) und damit den Wasserhaushalt von Ökosystemen



Abb. 3.21: Epiphytische Moose im Lorbeerwald auf Madeira. Die Moose triefen vor Feuchtigkeit, obwohl kein Tropfen Regen fällt. Das Wasser stammt einzig aus dem Nebel, der durch die von den Ästen hängenden Moose hindurchzieht. Überschüssiges Wasser tropft von den Moosen und wird von den Bäumen und Kräutern auf dem Waldboden aufgenommen.

beeinflussen. Es wird geschätzt, dass sie in gemässigten und tropischen Regenwäldern bis zu 15'000 kg Wasser pro Hektare aufnehmen. Die enorme Wasserspeicherkapazität von Moosen nutzen auch Schimpansen, wie kürzlich gezeigt werden konnte: Aus Blättern und Moosen fertigen sie sich kleine Schwämme an, mit denen sie Wasser aus Astlöchern aufsaugen, um es zu trinken.

Wichtiger als die Wasseraufnahme kann in tropischen und subtropischen Nebelwäldern die Wasserabgabe sein. Moose können in solchen Wäldern als Nebelfänger wirken und überschüssiges Wasser abgeben (Abb. 3.21), welches auf den Waldboden tropft und dort von Gefässpflanzen aufgenommen werden kann.

Moose bilden ein geeignetes Habitat für zahlreiche wirbellose Tiere wie Springschwänze, Rädertierchen, Bärtierchen, Milben und viele mehr. Moose bieten Schutz und ein relativ ausgeglichenes Mikroklima. Erstaunlicherweise werden aber Moose kaum gefressen. Dies liegt einerseits daran, dass sie verschiedene frasshemmende Stoffe enthalten, was experimentell gezeigt werden konnte: Salatblätter, die mit wässrigen Moosextrakten besprüht waren, wurden von Nacktschnecken deutlich weniger gerne gefressen als Salatblätter, die nur mit Wasser besprüht waren. Andererseits enthalten Moose grosse Mengen an holzähnlichen Stoffen, weshalb die Zellulose bei Moosen gut geschützt und schwierig zu verdauen ist.