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

Artikel: Moose im Kanton Schaffhausen
Autor: Bergamini, Ariel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-584695

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.08.2025

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

Moose im Kanton Schaffhausen

Ariel Bergamini

Neujahrsblatt der Naturforschenden
Gesellschaft Schaffhausen
Nr. 67 / 2015

Neujahrsblatt

der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen

Nr. 67 / 2015

Impressum

Redaktion:
Dr. Jakob Walter, Buchenstrasse 65, 8212 Neuhausen

Titelbild:
Rhodobryum ontariense, eines der schönsten Laubmoose im Kanton Schaffhausen, kommt in lichten Wäldern über Kalk oder auch auf Borke am Grunde von Eichen vor. Sporophyten sind bei dieser Art sehr selten.

Bildnachweis:
Abb. 2.7, 2.12 oben, 2.14 unten, 3.18, 5.3: Heike Hofmann
Abb. 3.14, 7.8: Michael Lüth
Abb. 2.19 links unten: Niklaus Müller
Abb. 2.24, 5.4: Norbert Schnyder
Abb. 2.3: VanAller Hernick et al.2008 mit Bewilligung von Elsevier
Abb. 2.25: Sundberg 2011 mit Bewilligung von Oxford University Press
Abb. 4.4: Thöni et al. 2013 mit Bewilligung des BAFU

Alle anderen Bilder und Grafiken stammen vom Autor.

Beiträge:
Die Neujahrsblätter werden gedruckt mit Beiträgen aus dem Legat Sturzenegger und mit Unterstützung der Swiss Academy of Science (SCNAT). Dieser Band wird zudem unterstützt mit Beiträgen des Kantons Schaffhausen (Lotteriefonds), der Schweizerischen Vereinigung für Bryologie und Lichenologie (Bryolich), der Stadt Schaffhausen und des Planungs- und Naturschutzamtes des Kantons Schaffhausen.

Satz, Umbruch und Druck:
Unionsdruckerei AG Schaffhausen, Platz 8, 8201 Schaffhausen

Auflage:
2000 Exemplare

Dank
Ohne die Mithilfe vieler Menschen wäre dieses Neujahrsblatt nicht möglich gewesen. Ich möchte folgenden Personen herzlich danken: Maggie Nägeli für die Begleitung bei unzähligen Exkursionen, die Nachbearbeitung der Bilder und das Korrekturlesen; Thomas Kiebacher für das Zeichnen des Generationswechsels der Moose; Heike Hofmann, Norbert Schnyder, Niklaus Müller und Michael Lüth für zahlreiche Fotos; Martin Bolliger für die Mitteilung der beiden Torfmoosvorkommen im Kanton Schaffhausen; Rolf Holderegger für die vielen Verbesserungen des Textes; Jakob Walter für die Einladung, dieses Neujahrsblatt schreiben zu dürfen, und für seine sorgfältigen Korrekturen; allen Moosforschern und Moosforscherinnen, die ihre Daten dem *Datenzentrum Moose Schweiz* gemeldet haben.

© 2014 by Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen

ISBN 978-3-033-04853-9

Ariel Bergamini

Moose im Kanton Schaffhausen

Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen

Nr. 67 / 2015

Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen (NGSH), gegründet 1822

Die Naturforschende Gesellschaft will das Interesse an den Naturwissenschaften und an der Technik fördern, naturwissenschaftliche Zusammenhänge erklären und Verständnis für die Umwelt, insbesondere im Raum Schaffhausen, wecken. Ihr Jahresprogramm besteht aus allgemein verständlichen Vorträgen zu naturwissenschaftlichen Themen und Besichtigungen im Winterhalbjahr und naturkundlichen Exkursionen, teils zusammen mit Partnerorganisationen, im Sommerhalbjahr. In den «Neujahrsblättern der NGSH» werden naturwissenschaftliche Arbeiten veröffentlicht und so allen Mitgliedern wie auch einem breiteren Publikum zugänglich gemacht. Ein Verzeichnis der lieferbaren Neujahrsblätter befindet sich hinten in diesem Heft.

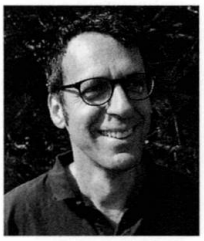
Die aktuellen Programme sind im Internet unter www.ngsh.ch abrufbar oder können bei der unten stehenden Adresse bezogen werden. Die Gesellschaft unterhält verschiedene Sammlungen und unterstützt die naturkundliche Abteilung des Museums zu Allerheiligen. Sie betreibt zudem eine moderne Sternwarte mit Planetarium; Informationen dazu sind zu finden unter www.sternwarte-schaffhausen.ch.

Die NGSH zählt rund 720 Mitglieder (davon über 100 Familienmitgliedschaften). Alle naturwissenschaftlich interessierten Personen sind herzlich willkommen. Der Mitgliederbeitrag pro Jahr beträgt für Erwachsene Fr. 50.–, für Schülerinnen, Schüler, Studenten und Studentinnen Fr. 25.– und für Familien Fr. 80.–. Wer sich für eine Mitgliedschaft interessiert, kann sich bei der unten stehenden Adresse oder im Internet unter www.ngsh.ch anmelden.

Postadresse der Gesellschaft:
NGSH, Präsident Dr. Kurt Seiler
Postfach 1007, 8201 Schaffhausen
PC 82-1015-1

info@ngsh.ch
www.ngsh.ch und
www.sternwarte-schaffhausen.ch

Autor



Ariel Bergamini (geb. 1966), aufgewachsen und wohnhaft in Schaffhausen, hat sein Biologiestudium an der Universität Zürich 2001 mit einer Dissertation über Moose und Umweltbeziehungen in Kalkflachmooren abgeschlossen. Anschliessend arbeitete er als Bryologe in einem Ökobüro. Seit 2003 ist er an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) tätig, wo er sich mit Monitoring und Naturschutzbiologie auseinandersetzt. Das Interesse an Moosen erwachte nach einem Mooskurs an der Universität Zürich.

Kontakt: Dr. Ariel Bergamini, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, ariel.bergamini@wsl.ch.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
	Vorwort	1
1	**Einleitung**	3
2	**Verwandtschaft und Biologie der Moose**	5
3	**Artenvielfalt, Biogeographie und Ökologie der Moose**	28
4	**Moos und Mensch**	46
5	**Sind Moose gefährdet?**	50
6	**Moose selbst sammeln und bestimmen**	53
7	**Die Moosflora des Kantons Schaffhausen**	56
8	**Katalog der Moose Schaffhausens**	81
9	**Glossar**	104
10	**Literatur**	106

Vorwort

«Juchhe! Hier unten in dem Moos – Geht's lustig her und ist was los.», freut sich Hänschen Däumeling bei Wilhelm Busch. In Shakespeares Sommernachtstraum dient Moos als Kissen für Hermia und Lysander, und bei Goethe liegt Ariadne auf bemoosten Felsen.

Moose sind in der Literatur und in Redensarten nicht selten. Die zitierte einladende Weichheit führt zwar in der Praxis meist zu einem nassen Hosenboden, ist aber aus romantischen Bildern kaum wegzudenken. «Bemoost» steht für Uralt, «Moos» wird sowohl für langes Haar als auch für Geld verwendet, und auch die alte, kratzige Uniform der Schweizer Armee musste sich diese Bezeichnung gefallen lassen.

Moose sind bekannt: Sie rufen Bilder von verschwiegenen Winkeln im finsteren Walde hervor, sie geben Denkmälern eine melancholisch würdige Patina, sie sind ein Verkaufsargument für Hochdruckreiniger und eine Verdienstquelle für Dachdecker.

Moose sind unbekannt: Die meisten Arten haben keinen umgangssprachlichen Namen, die allermeisten Menschen kennen sie nur unter dem Sammelbegriff und dürften Mühe haben, sie von anderen Sporenpflanzen, Flechten oder Algen abzugrenzen. Wir alle wissen: «Ohne Moos nix los!», aber während die meisten von uns diese Redensart mit Geldnöten in Verbindung bringen, hat sie in der Natur eine weitere Bedeutung.

Mooskenner sind selten: Es ist ein Glücksfall, dass wir in Schaffhausen einen dieser Fachleute haben (auch wenn er sein Brot im fernen Zürich verdient), und ich bin ihm dankbar, dass er sein Wissen und seine Zeit zur Verfügung gestellt hat, um uns die Moose näher zu bringen.

Ich wünsche Ihnen bereichernde Lektüre und Freude beim Anschauen der Bilder!

Jakob Walter, Redaktor

1 Einleitung

Der Kanton Schaffhausen ist bekannt für seine reichhaltige Gefässpflanzenflora (Samenpflanzen und Farne im weiteren Sinne), die durch das im Vergleich zum Schweizer Mittelland eher trockene und etwas wärmere Klima begünstigt ist. Die Gefässpflanzen wurden denn auch im 20. Jahrhundert etwa von Ernst Kehlhofer und Georg Kummer, den beiden bekanntesten Botanikern Schaffhausens, sowie dem Reallehrer Karl Isler-Hübscher intensiv studiert und gründlich dokumentiert. Für Moose scheinen die klimatischen Bedingungen des Kantons Schaffhausen auf den ersten Blick weniger günstig. Weil Moose nur in wenigen Habitaten oder Lebensräumen dominant auftreten, werden sie oft übersehen und es erstaunt deshalb nicht, dass im Gegensatz zur Gefässpflanzenflora die Moosflora des Kantons Schaffhausen bisher kaum beachtet wurde.

Trotzdem sind Moose auch in Schaffhausen allgegenwärtig und in praktisch allen Lebensräumen zu finden, und zwar nicht nur in naturnahen, sondern ebenso in urbanen Gebieten wie der Schaffhauser Altstadt, wo Pflasterritzen, Bäume, schattige Hinterhöfe und Ziegeldächer vielen Moosarten ein geeignetes Habitat bieten. Im Gegensatz zur verbreiteten Annahme, dass Moose besonders an feuchten, schattigen Stellen vorkommen, weisen auch trockene Lebensräume wie Magerwiesen oder besonnte Felsen eine vielfältige Moosflora auf. Ihre grösste Biomasse erreichen Moose allerdings tatsächlich in feuchten Habitaten, insbesondere in Hochmooren.

Hochmoore fehlen zwar heute im Kanton Schaffhausen, doch an der Stelle des Pumpspeicherwerks Engeweiher befand sich bis zu dessen Bau 1907 ein Hochmoor. Hochmoore werden vor allem durch Torfmoose (Gattung *Sphagnum*) aufgebaut. Es wird geschätzt, dass die Hochmoore der Nordhemisphäre bis zu 450 Gigatonnen Kohlenstoff speichern. Dies entspricht gegen 60% des gesamten in der Atmosphäre enthalten Kohlenstoffs. Torfmoose spielen deshalb eine wichtige Rolle im Kohlenstoffhaushalt der Erde. Trotz ihrer Kleinheit erfüllen Moose also wichtige Ökosystemfunktionen.

Moose sind nicht nur allgegenwärtig, sie sind auch vielfältig. Moose können beblättert oder bandförmig (thallös) aufgebaut sein. Die Blätter können unterschiedlichste Formen, Zellmuster und Oberflächenstrukturen aufweisen. Moose bilden auch verschiedenste Wuchsformen aus. So können die

Sprösschen je nach Art ganz unterschiedlich verzweigt sein und z. B. kammförmig verzweigte oder bäumchenartige Formen ausbilden. Man schätzt, dass es weltweit zwischen 15'000 und 20'000 Moosarten gibt, und schon auf wenigen Quadratzentimetern können ein halbes Dutzend oder mehr Arten wachsen. Bei flüchtigem Hinsehen bleibt ihre Vielfalt jedoch verborgen. Nimmt man sich allerdings die Zeit, in einem bestimmten Lebensraum genauer nach Moosen zu suchen, wird man von der Vielfalt an Arten und Formen überrascht. Moose bilden denn auch einen wichtigen Bestandteil der Biodiversität vieler Lebensräume.

Der vorliegende Band will einen Einblick in die versteckte, doch vielfältige und faszinierende Welt der Moose geben; dies unter besonderer Beachtung der Moose im Kanton Schaffhausen. Dabei werden Verwandtschaft und Biologie der Moose kurz vorgestellt, biogeographische und ökologische Aspekte diskutiert, auf Funktionen der Moose in Ökosystemen und ihren Nutzen für den Menschen eingegangen und die Moosflora des Kantons Schaffhausen vorgestellt.

Da deutsche Namen für Moose nicht sehr gebräuchlich sind, werden im Folgenden immer die wissenschaftlichen Namen genannt und nur ausnahmsweise auch die deutschen.

2 Verwandtschaft und Biologie der Moose

Moose wurden bis gegen Ende der 1990er Jahre meist als einheitliche Abstammungsgruppe angesehen. Mit dem Aufkommen molekularer Methoden änderte sich das Verständnis der Verwandtschaftsverhältnisse der Moose untereinander und zu den übrigen Pflanzengruppen aber grundlegend. Die drei schon lange unterschiedenen Hauptgruppen der Moose – die Laubmoose (Bryophytina), die Lebermoose (Marchantiophytina) und die Hornmoose (Anthocerotophytina) (Abb. 2.1) – werden heute als getrennte Abteilungen aufgefasst. Aufgrund einer Reihe von morphologischen, physiologischen und ökologischen Merkmalen, die den drei Gruppen gemeinsam sind, lässt sich eine gemeinsame Behandlung der drei Gruppen unter dem Begriff *Moose* aber rechtfertigen.

2.1 Moose – die ältesten Landpflanzen

Die Geschichte der Moose beginnt mit der Eroberung des Landes durch die ersten Pflanzen vor ca. 460–480 Millionen Jahren.

Abb. 2.1: Vertreter der drei Hauptgruppen der Moose. Oben: Laubmoos *Rhytidiadelphus triquetrus*. Die Art ist in Schaffhausen sehr häufig und ist in eher lichtreichen Wäldern, aber auch in Magerwiesen zu finden. Mitte: Lebermoos *Conocephalum conicum* aggr. mit abgeflachtem, niederliegendem Thallus. Dieses Lebermoos kommt am Grunde von Kalkfelsen in schattigen, luftfeuchten Schluchten, auf schattigen Forstwegen und entlang von Bächen vor. Unten: Hornmoos *Anthoceros agrestis* mit den typischen grünen bis braunschwarzen Hörnern (Sporophyten), die der Gruppe den Namen geben. Hornmoose findet man in der Schweiz selten im Herbst auf Stoppelfeldern und Brachen.

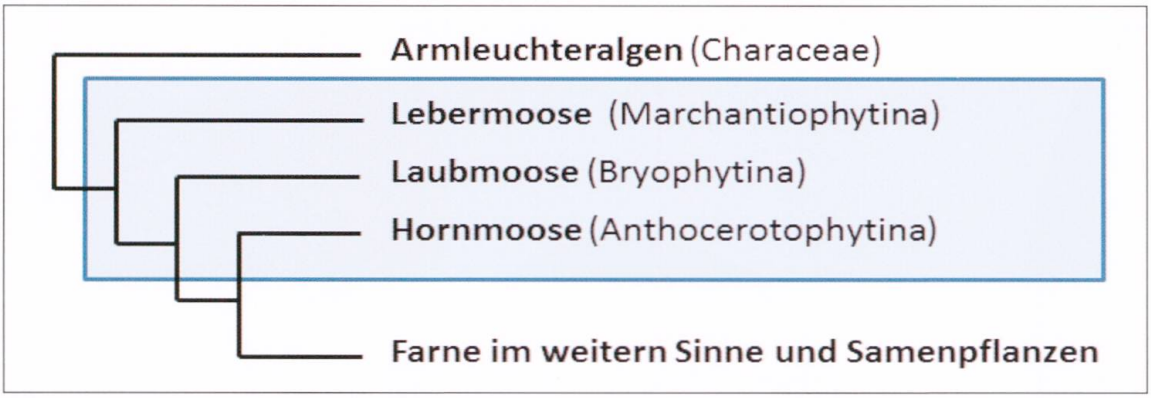


Abb. 2.2: Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den drei Hauptgruppen der Moose und den übrigen Landpflanzen (Farne im weiteren Sinne und Samenpflanzen) sowie den Armleuchteralgen, welche als nächste heute noch lebende Verwandte aller Landpflanzen gelten (nach Shaw & Goffinet 2009 und Kadereit et al. 2014).

Stammesgeschichtliche oder phylogenetische Studien lassen vermuten, dass Moose zu den ältesten lebenden Landpflanzen gehören. Nach heutiger Auffassung bilden die Hornmoose die Schwestergruppe zu allen übrigen Landpflanzen (Abb. 2.2). Die direkten Vorfahren der Moose (und damit sämtlicher Landpflanzen) dürften bei den Grünalgen zu finden sein, wobei insbesondere die Characeae (Armleuchteralgen), eine Gruppe der Grünalgen, eine Reihe gemeinsamer Merkmale mit den Landpflanzen aufweisen.

Die Rekonstruktion der Evolution der Landpflanzen beruht heutzutage meist auf Analysen des Erbgutes lebender Vertreter der Hauptgruppen des Pflanzenreiches (also Algen, Moose, Farne im weiteren Sinne und Samenpflanzen). Fossilien sind aus der Zeit, in der der Schritt an Land erfolgte, und der nachfolgenden frühen Differenzierung in verschiedene Gruppen nur wenige bekannt und diese lassen sich oft nicht klar einer bestimmten Gruppe zuordnen. Moose sind zudem allgemein viel schlechter fossilisiert als Gefässpflanzen. Die Gründe dafür sind nicht ganz klar, doch dürfte das Fehlen von Holz und damit grosser, robuster Strukturen ein Grund dafür sein.

Abb. 2.3: *Metzgeriothallus sharonae*; mit ca. 385 Millionen Jahren ältester fossiler Nachweis eines Mooses (reproduziert aus VanAller Hernick et al. 2008 mit Bewilligung von Elsevier).

Früheste fossile Sporen, die eine gewisse Ähnlichkeit mit Lebermoossporen aufweisen, stammen aus dem Ordovizium vor ca. 470 Millionen Jahren. Die ältesten Fossilien,

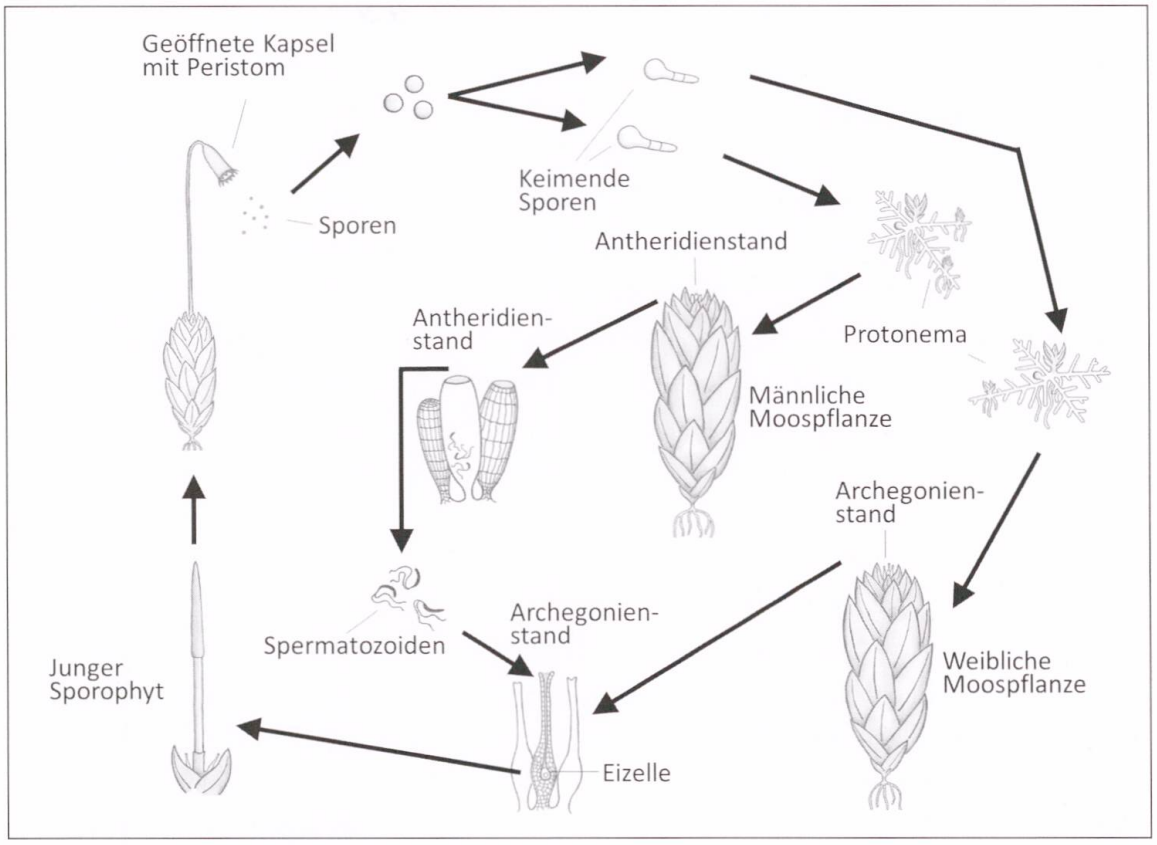


Abb. 2.4: Fortpflanzungszyklus der Moose mit dem charakteristischen Wechsel zwischen der gametangienbildenden und der sporenbildenden Generation.

bei denen es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit um Moose handelt, stammen aus dem mittleren Devon vor ca. 380 Millionen Jahren und weisen eine grosse Ähnlichkeit zu thallösen Lebermoosen auf (Abb. 2.3). Die ältesten Fossilien, die den Laubmoosen zugeordnet werden können, stammen aus dem oberen Karbon (ca. 320 Millionen Jahre). Fossile Hornmoose tauchen deutlich später auf. Erste Hinweise auf Hornmoose stammen aus der Kreidezeit, doch finden sich eindeutige Fossilien erst im Tertiär (Eozän–Oligozän; 58–24 Millionen Jahre), und zwar in Bernstein aus der Dominikanischen Republik. Im Vergleich zu den anderen beiden Gruppen der Moose sind Hornmoose noch viel zerbrechlicher aufgebaut, was das späte Auftauchen von Fossilien erklären kann.

Die Verwandtschaftsverhältnisse zwischen den drei Moosgruppen und zwischen ihnen und den übrigen Landpflanzen sind noch nicht restlos geklärt und werden teilweise kontrovers diskutiert. In Abbildung 2.2 sind diese Verwandtschaftsbeziehungen so dargestellt, wie sie zur Zeit als am wahrscheinlichsten gelten. Gemäss dieser Auffassung bilden die Lebermoose die

ursprünglichste Gruppe innerhalb der Moose, die Hornmoose bilden die nächsten Verwandten aller Gefässpflanzen und die Laubmoose nehmen eine Zwischenstellung ein.

Auch wenn fossile Nachweise von Moosen kaum Auskunft über den Zeitpunkt ihrer Entstehung und ihrer frühen Differenzierung in die drei Hauptgruppen geben, so wird angenommen, dass sich die drei Gruppen schon vor über 420 Millionen Jahren gebildet haben, was bedeutet, dass jede der drei Gruppen eine mindestens 420 Millionen Jahre dauernde, unabhängige Evolution hinter sich hat. Zum Vergleich: Die ersten bedecktsamigen Pflanzen (Angiospermen), zu denen die grosse Mehrheit der Samenpflanzen zählt, erschienen erst in der frühen Kreidezeit, also vor ca. 140 Millionen Jahren.

2.2 Gemeinsame Merkmale der Moose

Zwar bilden die Laubmoose, die Lebermoose und die Hornmoose keine gemeinsame Abstammungseinheit, dennoch hält eine Reihe von Merkmalen die Moose als Gruppe zusammen und grenzt sie von den Algen und den übrigen Landpflanzen ab. Das wichtigste gemeinsame Merkmal der Moose ist ihr für Landpflanzen einzigartiger Lebenszyklus oder Generationswechsel (Abb. 2.4): Mit der Keimung der Spore beginnt das Wachstum einer neuen Moospflanze, dem Gametophyten. Die Sporen bilden bei den Laubmoosen zuerst ein fädiges, grünes Geflecht, das sogenannte Protonema (Abb. 2.5), welches nach einer bestimmten Zeit Knospen bildet, aus denen sich die eigentlichen Moospflanzen entwickeln. Bei den Lebermoosen und den Hornmoosen ist höchstens ein sehr rudimentäres Protonema ausgebildet, und die Entwicklung der Moospflanzen beginnt mehr oder weniger direkt nach der Keimung der Spore.

Abb. 2.5: Beim grünen, fädigen Überzug handelt es sich um das Protonema von *Polytrichum aloides*, einem Laubmoos, welches im Kanton Schaffhausen ziemlich selten an leicht sauren Wegborden in lichten Wäldern vorkommt. Deutlich zu erkennen sind die jungen Moospflänzchen, die aus dem Protonema spriessen.

Da die durch den Wind verbreiteten Sporen haploid sind, also nur einen einfachen Chromosomensatz besitzen, sind auch die eigentlichen grünen Moospflänzchen haploid. Nach einiger Zeit beginnen die Moospflänzchen Geschlechtsorgane auszubilden. Bei sehr schnelllebigen Arten werden diese schon wenige Wochen nach der Keimung

Abb. 2.6: Männliche und weibliche Geschlechtsorgane eines Laubmooses (*Brachythecium salebrosum*). Links: Die bräunlichen, abgeflachten Organe sind die männlichen Geschlechtsorgane (Antheridien). Wenn sie reif sind, platzen sie oben auf und entlassen begeisselte Spermatozoiden. Die hier abgebildeten Antheridien sind bereits entleert. Zwischen ihnen befinden sich einzellreihige Fäden. Rechts: Drei weibliche Geschlechtsorgane (Archegonien) mit einigen Zellfäden dazwischen. Im etwas bauchigen unteren Teil der Archegonien befindet sich jeweils eine einzelne Eizelle.

gebildet, bei langlebigen Arten unter Umständen erst Jahre oder Jahrzehnte nach der Keimung. In den flaschenförmigen weiblichen Geschlechtsorganen (den Archegonien; Abb. 2.6) bildet sich jeweils eine Eizelle. In den männlichen Geschlechtsorganen (den Antheridien; Abb. 2.6) bilden sich Spermatozoiden aus.

Die Spermatozoiden sind begeisselt und erreichen aktiv schwimmend in einem Wasserfilm die Archegonien. Die Ausbreitungsdistanz der Spermatozoiden ist allerdings klein. Aus eigenem Antrieb können sie knapp 10 cm zurücklegen. Archegonien und Antheridien müssen sich also räumlich nahe sein, damit es zu einer erfolgreichen Befruchtung kommen kann. Da viele Moose aber zweihäusig sind, Antheridien und Archegonien also auf verschiedenen Individuen gebildet werden, ist eine erfolgreiche Befruchtung oft erschwert. Bei einigen Arten haben die männlichen Pflanzen deshalb sogenannte *splash cups* entwickelt. Dabei bilden die dicht stehenden Antheridien zusammen mit

Abb 2.7: Männliche Pflanzen von *Rhizomnium punctatum*. Bei den schwarzen Zentren der Sprossspitzen handelt es sich um dicht zusammenstehende Antheridien, also männliche Geschlechtsorgane. Diese bilden hier mit den umgebenden Blättern sogenannte *splash cups* aus, die der Ausbreitung der Spermatozoiden dienen.

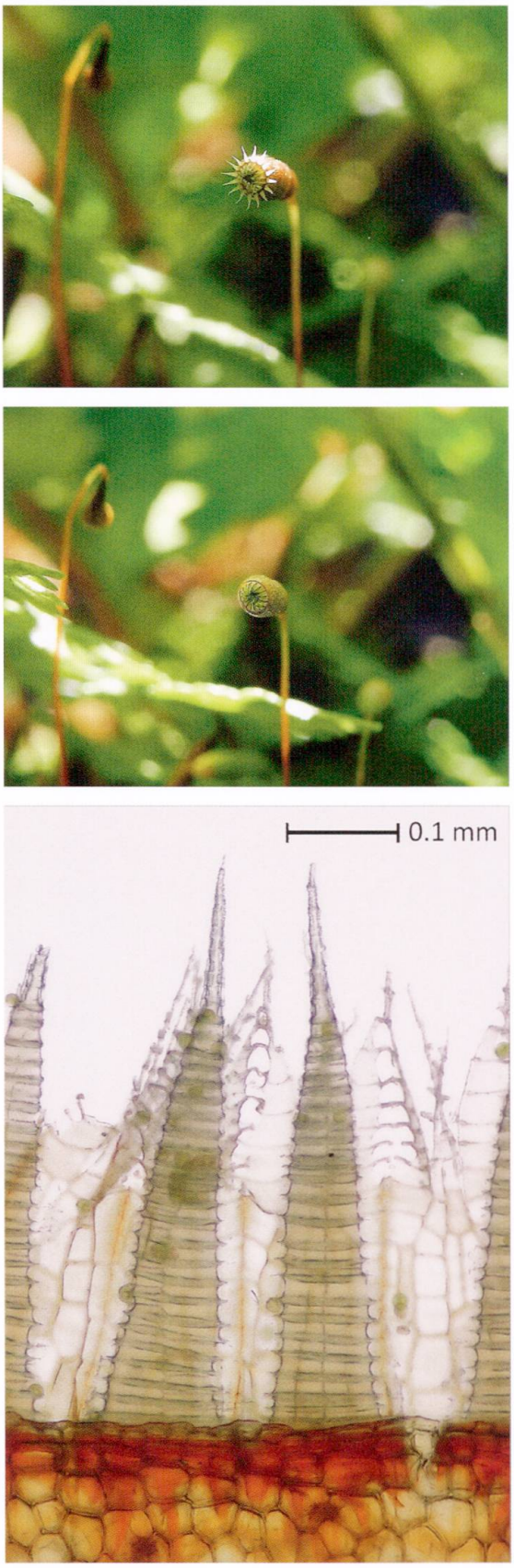
Abb. 2.8: Oben: *Atrichum undulatum*, ein sehr häufiges Laubmoos mit fast reifen Sporophyten. Die Hauben sitzen teilweise noch auf den Kapseln, teilweise sind sie bereits abgestossen und man kann die lang geschnäbelten Kapseldeckel erkennen. Unten: *Plagiochila porelloides*, ein beblättertes Lebermoos. Typisch für die Lebermoose sind die weissen, sehr fragilen Stiele der Sporophyten, die eine kugelige bis länglich-ovale, schwarze Kapsel tragen. Eine Kapsel (am oberen Rand) ist geöffnet und drei der vier Klappen sind zu erkennen.

den umgebenden Blättern flache Schalen aus (Abb. 2.7). Bei feuchter Witterung platzen die reifen Antheridien auf und die reifen Spermatozoiden werden in die splash cups entlassen. Trifft ein Regentropfen einen solchen splash cup, können die Spermatozoiden mehrere Dezimeter weit weggeschleudert werden. Damit erhöht sich die Ausbreitungsdistanz der Spermatozoiden und damit die Wahrscheinlichkeit, auf eine weibliche Pflanze zu stossen.

Auch konnte kürzlich experimentell gezeigt werden, dass kleinste Gliedertiere wie Springschwänze und Milben Spermatozoiden verbreiten und damit den Fortpflanzungserfolg von zweihäusigen Moosen deutlich steigern können.

Hat eine erfolgreiche Befruchtung stattgefunden, so entwickelt sich der sogenannte Sporophyt, die sporenerzeugende Generation. Der Sporophyt verfügt nun über einen doppelten oder diploiden Chromosomensatz, da sich ja Eizelle und Spermatozoid verschmolzen haben. Der reife Sporophyt ist relativ einfach aufgebaut und besteht bei Laub- und Lebermoosen aus einem Fuss, mit dem er im Gewebe des Gametophyten (der Moospflanze) verankert ist, einem mehr oder weniger robusten Stiel (der sogenannten Seta) und einer Kapsel (Abb. 2.8). Bei den Hornmoosen ist der Sporophyt ebenfalls mit einem Fuss im gametophytischen Gewebe verankert, ein Stiel fehlt aber und die Kapsel ist ein längliches, hornartiges Gebilde.

Die Sporophyten der Moose sind nie verzweigt und tragen immer nur eine Kapsel. In dieser werden die Sporen gebildet. Da der Sporophyt einen doppelten Chromosomensatz aufweist, die Sporen aber wieder einen einfachen, ist für die Bildung der Sporen eine sogenannte Reduktionsteilung (Meiose) notwendig. Die reifen Sporen werden bei den drei Moosgruppen in unterschiedlicher Weise aus der Kapsel entlassen. Die reifen Kapseln der **Lebermoose** öffnen sich beim Austrocknen durch vier Längsschlitze, wodurch sich vier Klappen bilden (Abb. 2.8). Diese biegen sich stark zurück und exponieren so die Sporen. Die Kapseln der **Laubmoose** sind zuerst noch von der sogenannten Haube bedeckt. Dabei handelt es sich um den oberen, mittlerweile stark erweiterten Teil des Archegoniums. Wenn die Sporophyten reif sind, löst sich diese Haube von der Kapsel und die Kapsel öffnet sich durch Abwerfen des Deckels (Abb. 2.8). Unter dem Deckel am Rande der Kapselöffnung befindet sich bei den Laubmoosen meist ein einfacher oder doppelter Zahnkranz, das sogenannte Peristom. Dieses besteht aus toten Zellwänden, und die Zähne des äusseren Kranzes reagieren auf die Witterung: bei feuchter Witterung legen sich die Zähne über die Kapselöffnung und verschliessen diese, bei trockener Witterung biegen sie sich zurück und geben die Öffnung



frei (Abb. 2.9). Die Kapsel der **Hornmoose**, das eigentliche Horn, öffnet sich mit zwei Klappen von oben nach unten.

Folgende weitere Merkmale zeichnen die Moose als Gruppe aus:

- Wasser- und Stoffleitsysteme sind oft gar nicht vorhanden oder nur schwach ausgeprägt. Moose sind unter anderem deshalb in ihrem Höhenwachstum eingeschränkt. Die grösste Moosart, *Dawsonia superba*, kann bis zu 60 cm hoch werden und kommt in Neuguinea, Australien und Neuseeland vor.
- Echtes Holz (Lignin) fehlt, Lignin-ähnliche Stoffe werden aber gebildet.
- Mit den Gefässpflanzen vergleichbare Wurzeln fehlen. Die Würzelchen der Moose (die sogenannten Rhizoide) sind sehr einfach gebaute Zellfäden, die in erster Linie der Verankerung und teilweise

Abb. 2.9: Kapsel von *Bryum creberrimum* mit doppeltem Zahnkranz (Peristom) am Rande der Kapselöffnung. Oben: Die Zähne des äusseren Peristoms stehen bei trockener Witterung ab. Das innere Peristom bewegt sich hingegen kaum und liegt immer locker über der Kapselöffnung, so dass Sporen entweichen können, wenn die Kapsel durch Wind oder ein Tier bewegt wird. Mitte: Bei feuchter Witterung legen sich die Zähne über die Kapselöffnung. Unten: Detailansicht des Peristoms. Im Vordergrund zwei Zähne des äusseren Peristoms, im Hintergrund das kompliziert aufgebaute innere Peristom.

der externen Wasserleitung, also der Wasserleitung ausserhalb des Pflanzenkörpers, dienen (Abb. 2.10).

- Falls Blätter vorhanden sind, sind diese nie gestielt und immer einfach aufgebaut. Abgesehen von der Mittelrippe bestehen sie in den meisten Fällen nur aus einer einzigen Zellschicht.
- Moose sind immergrün, die Blätter werden nie abgeworfen.
- Im Gegensatz zu den Gefässpflanzen fehlen den Blättern der Moose Spaltöffnungen. Auch eine effiziente Kutikula (eine aus Wachs bestehende Schutzschicht) fehlt. Moose können deshalb Wasserverlust durch Verdunstung nicht aktiv kontrollieren.
- Wasser und Nährstoffe werden über die ganze Oberfläche, also direkt über die Blätter und die Stämmchen, aufgenommen.

Abb. 2.10: *Dicranum scoparium* ist ein häufiges Laubmoos in eher lichten Wäldern. Die Würzelchen (Rhizoide) bilden bei dieser Art oft einen dichten, weisslichen Filz zwischen den Blättern. Dieser dient der Wasserleitung und -speicherung ausserhalb des eigentlichen Pflanzenkörpers.

- Die meisten Moose sind wechselfeucht (poikilohydrisch), d. h. sie sind tolerant gegenüber Austrocknung. Wenn Moose austrocknen, rollen sich ihre Blätter oft in charakteristischer Weise ein oder legen sich eng an das Stämmchen. Ausgetrocknete Moose nehmen bei Regen schnell Wasser auf und können ihren Stoffwechsel innerhalb von Minuten wieder aktivieren (Abb. 2.11). Allerdings gibt es grosse Unterschiede zwischen den verschiedenen Moosarten hinsichtlich der Dauer der Austrocknung, die sie ertragen. Moose von sehr feuchten Standorten wie z. B. Mooren ertragen Austrocknung meist nur über kurze Zeit (wenige Tage), Moose von trockenen Standorten hingegen können über Wochen oder sogar Monate austrocknen, ohne Schaden zu nehmen. *Riccia macrospora*, ein mediterranes Sternlebermoos, hält hier den Rekord: Pflanzen, die über 23 Jahre lang trocken in einem Herbar gelegen hatten, bildeten drei Tage, nachdem sie wieder bewässert wurden, neue Zellen an den Thallusspitzen.

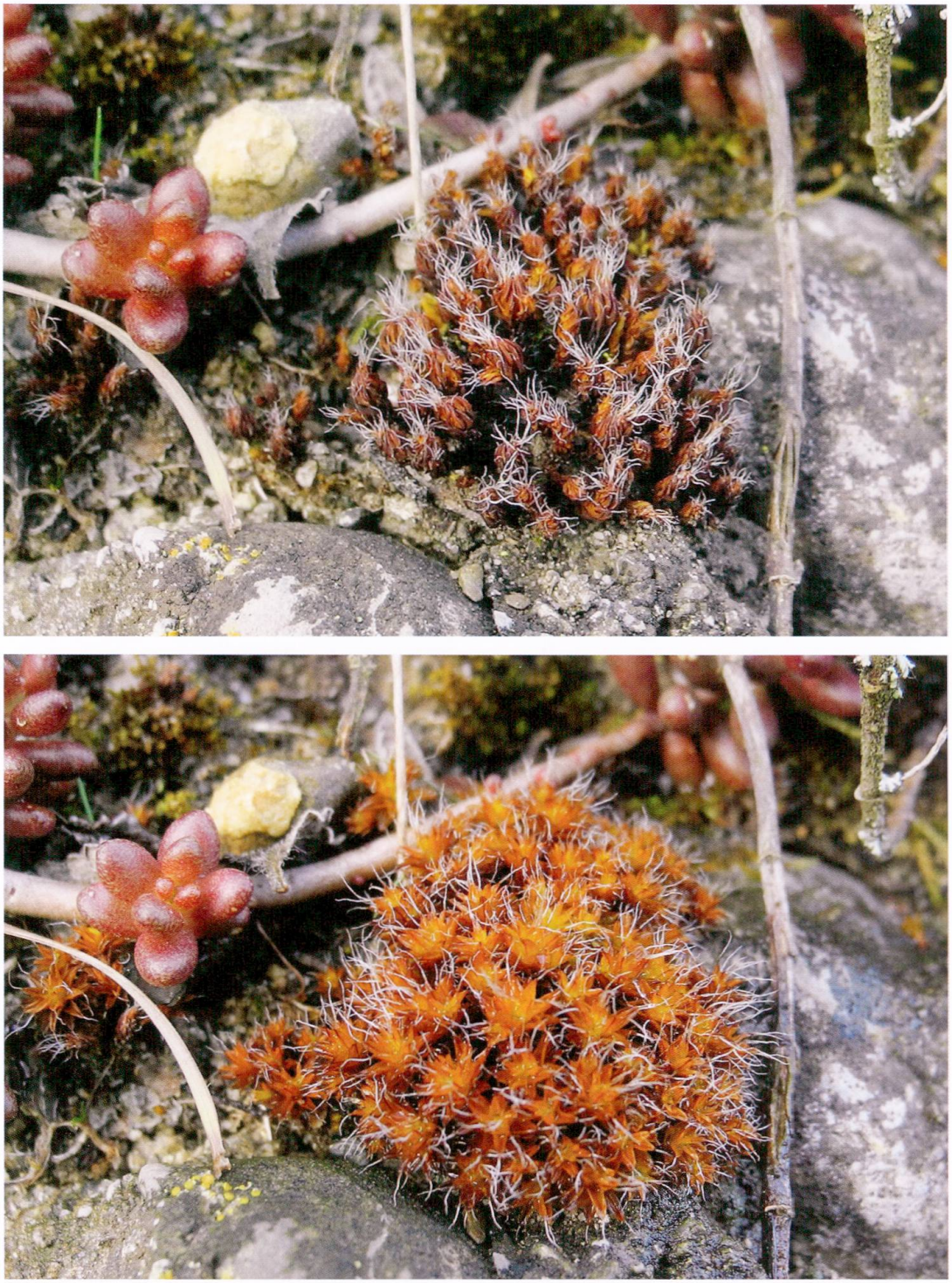


Abb. 2.11: Moose können bei trockener Witterung vollständig austrocknen, ohne dabei Schaden zu nehmen. Oben: *Syntrichia ruralis* aggr. im trockenen Zustand. Die Blätter sind etwas verdreht und um das Stämmchen gelegt. Unten: Das gleiche Polster ungefähr 30 Sekunden, nachdem es mit etwas Wasser übergossen wurde.

Neben diesen Gemeinsamkeiten gibt es auch viele Unterschiede zwischen den Hauptgruppen der Moose. Auf diese wird im Folgenden kurz eingegangen.

2.3 Die drei Hauptgruppen der Moose

2.3.1 Lebermoose (Marchantiophyta)

Der Name *Lebermoose* stammt aus der mittelalterlichen Signaturenlehre. Da die Thalli des häufigen Brunnenlebermooses an die Lappen einer Leber erinnerten, wurde angenommen, dass das Brunnenlebermoos bei Leberleiden helfen könne.

Abb. 2.12: *Apometzgeria pubescens*, ein einfach aufgebautes thallöses Lebermoos. Oben: Habitus. Unten: Thallusquerschnitt. Abgesehen von der mehrschichtigen Mittelrippe ist der Thallus bei dieser Art einschichtig. Die auffälligen Haare, die auf der Rippe und auf dem Thallus gebildet werden und der Art das samtige Aussehen geben, sind charakteristisch für diese Art und sonst bei keinem einheimischen Lebermoos zu finden.

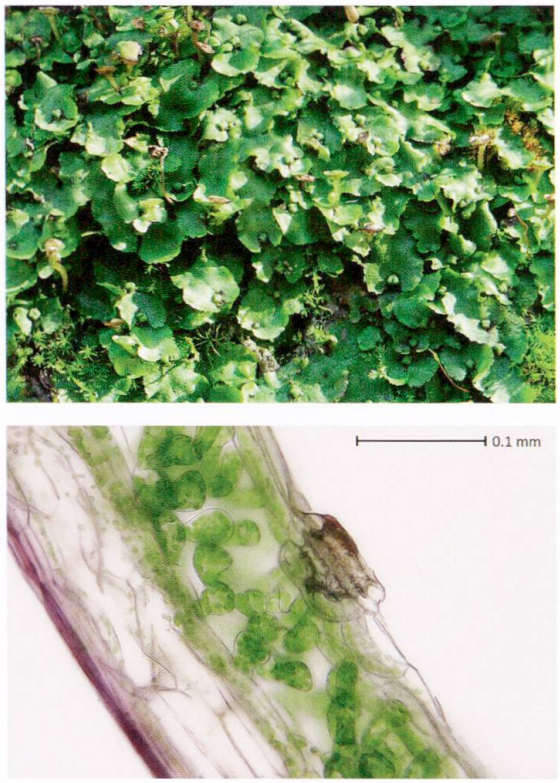


Abb. 2.13: Oben: Habitus von *Preissia quadrata*. Unten: Im Querschnitt zeigt sich der komplexe Aufbau der Thalli von *Preissia quadrata*. Das photosynthetisch aktive Gewebe ist deutlich zu erkennen: Es besteht aus einem lockeren, grünen Zellnetz. Gegen oben wird es von einer farblosen Zellschicht (der Epidermis) geschützt, unten folgt das Grundgewebe. In der Epidermis sind tonnenförmige Poren eingelassen (eine ist im Bild längsgeschnitten). Diese ermöglichen den Gasaustausch zwischen der Atmosphäre und dem phytosynthetischen Gewebe, haben also die gleiche Funktion wie die Spaltöffnungen der Blätter der Blütenpflanzen.

Wie die Moose im Allgemeinen findet man auch Lebermoose in fast allen Lebensräumen. Es wird geschätzt, dass weltweit um die 5000 Lebermoosarten vorkommen. Lebermoose sind eine sehr vielfältige Gruppe. Einige Arten bestehen aus einfach aufgebauten, abgeflachten Vegetationskörpern (sogenannten Thalli, Abb. 2.12), andere besitzen komplex aufgebaute Thalli, die in ihrem Aufbau an die Laubblätter der Blütenpflanzen erinnern (Abb. 2.13). Die Mehrzahl der Lebermoose ist aber beblättert (Abb. 2.14).

Die Blätter können sehr verschieden gestaltet sein und oft findet man zwei- bis mehrzipfelige Blätter. Teilweise sind die Blätter auch komplex aufgebaut mit Unter- und Oberlappen, wobei der Unterlappen sackartig ausgeprägt sein kann wie z. B. beim Wassersackmoos *Frullania dilatata* (Abb. 2.15). Die Blätter sind in zwei oder drei Reihen, aber niemals spiralig angeordnet. Eine Mittelrippe ist nie vorhanden. Mit diesen Merkmalen lassen sich die Lebermoose schon gut von den allermeisten Laubmoosen unterscheiden.

Sobald Sporophyten vorhanden sind, können Lebermoose eindeutig als solche erkannt werden (Abb. 2.8, 2.16): Die Sporophyten haben einen weisslichen, fragilen Stiel, der eine rundlich bis länglich-ovale,

Abb. 2.14: Vielfalt der beblätterten Lebermoose.
Oben: *Plagiochila asplenioides* mit abgrundeten Blättern.
Mitte: *Lophocolea bidentata* mit zweilappigen Blättern. Zwischen den bleichen Lebermoos-Sprösschen sind junge Sporophyten eines darunterliegenden Laubmooses zu sehen. Unten: *Blepharostoma trichophylla* mit stark reduzierten Blättern, die nur noch aus drei Zellfäden bestehen.

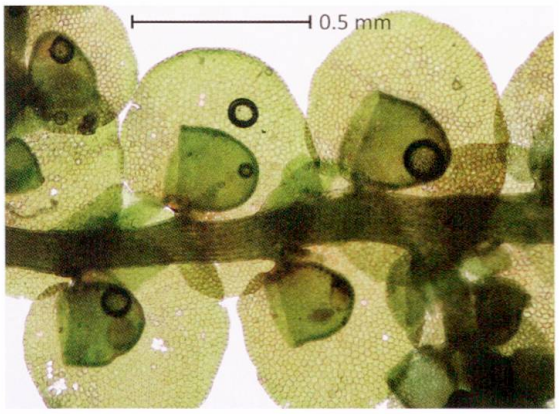


Abb. 2.15: *Frullania dilatata*, das Wassersackmoos, ein beblättertes Lebermoos. Oben: Typisches Erscheinungsbild auf der Borke eines Laubbaums, wie es in den Wäldern des Kantons Schaffhausen häufig zu sehen ist. Unten: Präpariert man ein Stämmchen ab und schaut es unter dem Mikroskop von unten an, wird der komplizierte Aufbau der Blätter erkennbar. Sie bestehen jeweils aus einem rundlichen Oberlappen und einem sackartig ausgeprägten Unterlappen. In diesen Säcken findet man Rädertierchen und weitere Organismen, die dort gut geschützt in der etwas feuchteren Umgebung leben.

Abb. 2.16: Auch wenn Lebermoose sehr verschieden aussehen können, sind sie an den einheitlich gebauten Sporophyten gut zu erkennen. Oben: *Radula complanata*, ein beblättertes Lebermoos, das häufig auf der Borke von Laubbäumen zu finden ist. Die weissen Stiele der Sporophyten sind hier nur wenige Millimeter lang. Unten: *Pellia epiphylla*, ein thallöses Lebermoos, das bislang im Kanton Schaffhausen nur an einer Stelle gefunden wurde. Die Stiele der reifen Sporophyten sind hier mehrere Zentimeter lang. Sie sind aber genau gleich aufgebaut wie die viel kleineren Sporophyten von *Radula complanata*.

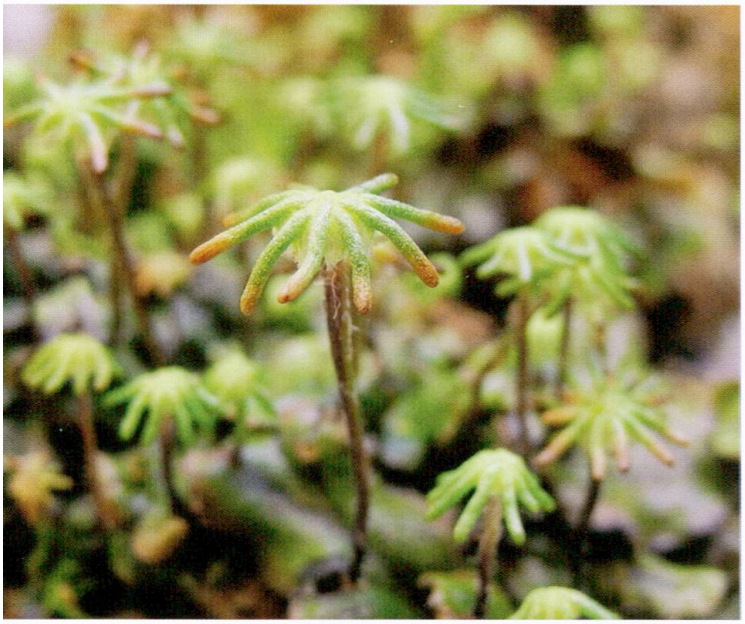


Abb. 2.17: *Marchantia polymorpha*, das Brunnenlebermoos, mit schirmchenartig ausgebildeten Sporangienträgern. Die Sporophyten werden hier auf der Unterseite der Schirmchen gebildet.

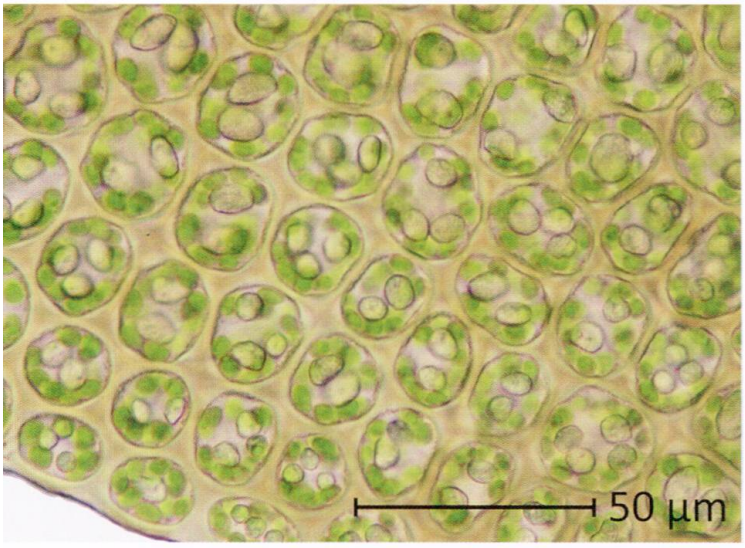


Abb 2.18: Blattzellnetz von *Scapania aspera*, einem beblätterten Lebermoos. Innerhalb der Zellen sind die grünen Chloroplasten und die deutlich grösseren, etwas blassen, rundlich bis ovalen Ölkörper zu sehen.

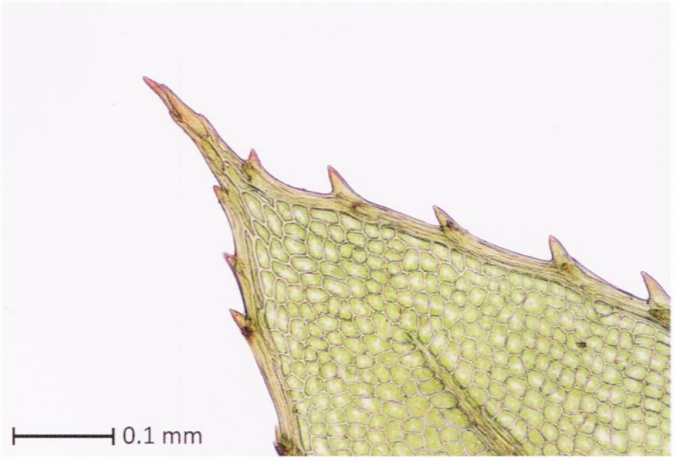
schwärzliche Kapsel trägt. Die Kapsel öffnet sich meist mit vier Klappen. Bei einigen Arten werden die Sporophyten auch auf eigenartig gebildeten Trägern ausgebildet, so z. B. beim bekannten Brunnenlebermoos (*Marchantia polymorpha*, Abb. 2.17). Ein weiteres Merkmal, welches unter allen Pflanzen nur die Lebermoose aufweisen und das deshalb auch ein gutes Argument für ihre Abstammung von einem einzigen Vorfahren ist, sind die Ölkörper (Abb. 2.18). Dabei handelt es sich um Zellorganellen, die aus ölartigen Terpenen aufgebaut sind. Erstaunlicherweise ist ihre Funktion weitgehend unbekannt, doch wird vermutet, dass sie Schutz vor Herbivoren bieten oder auch vor Kälte schützen.

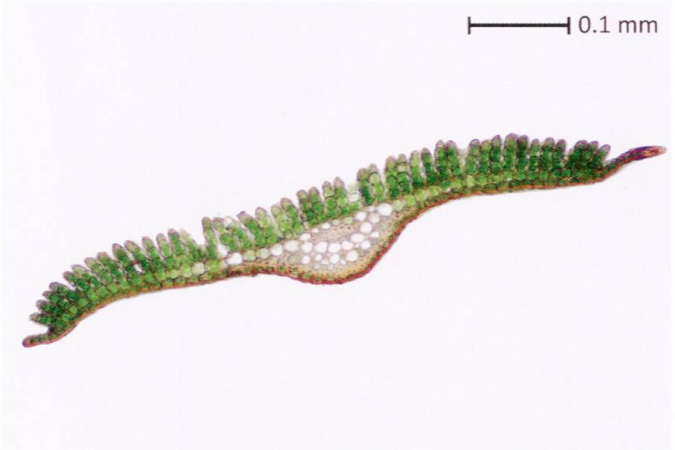
2.3.2 Laubmoose (Bryophyta)

Die Laubmoose bilden mit weltweit rund 12'000 Arten die artenreichste Gruppe der Moose. Die kleinsten Laubmoosarten erreichen ausgewachsen nur gerade einige Millimeter Höhe, während die grössten Arten bis gegen 60 cm hoch werden. Laubmoose weisen eine grosse Vielfalt an unterschiedlichen Wuchsformen auf (Abb. 2.19). Im Gegensatz zu den Lebermoosen sind die Laubmoose immer beblättert, thallöse Formen kommen nicht vor. Die Blätter sind normalerweise spiralig angeordnet, doch kommen auch zwei- oder dreizeilig beblätterte Arten vor.

Abb. 2.19: Vielfalt der Laubmoose. Oben links: *Dicranella varia*; oben rechts: *Ulota bruchii*; Mitte links: *Racomitrium canescens*; Mitte rechts: *Climacium dendroides*; unten links: *Drepanocladus trifarius*; unten rechts: *Brachythecium rutabulum*. Alle abgebildeten Arten mit Ausnahmen von *Drepanocladus trifarius* können im Kanton Schaffhausen gefunden werden.

Abb. 2.20: Die Blätter einiger Laubmoose sind auffällig gezähnt und teilweise gesäumt, wie z. B. bei *Mnium hornum*. Bei dieser Art sind am Blattrand einige Zellen stark verlängert und zudem sind auffällige, grosse Zähne ausgebildet. Die Blattrippe endet bei dieser Art kurz vor der Blattspitze.





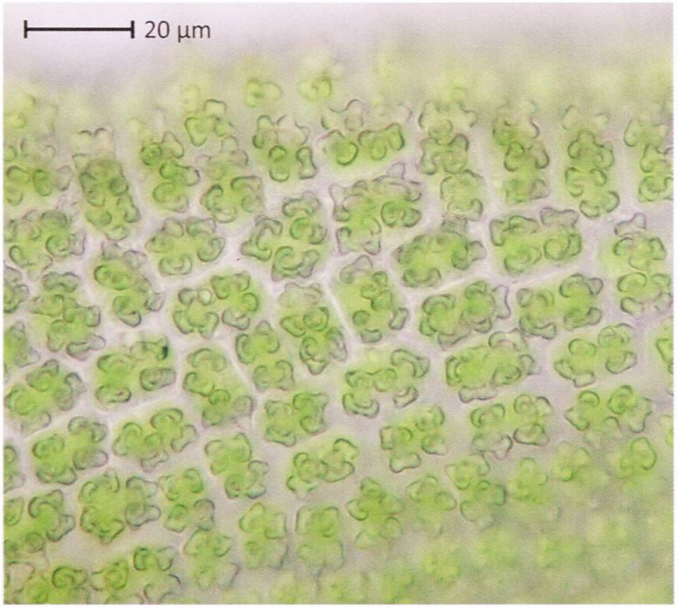


Abb. 2.21: Oben links: Blattquerschnitt von *Dicranum viride*: Die Blattfläche besteht aus einer einzigen Zellschicht; nur die Rippe ist mehrschichtig. Abgesehen von einem mittleren Band grösserer Zellen sind die Zellen der Rippe sehr klein und haben stark verdickte Zellwände. Oben rechts: Arten der Familie der Polytrichaceae besitzen sogenannte Assimilationslamellen. Dabei handelt es sich um 4–6 Zellen hohe, grüne Lamellen, die vom Blattgrund bis zur Spitze durchlaufen. Da die Lamellen die Blattfläche stark vergrössern, können Polytrichaceae mehr Licht für die Photosynthese ausnutzen als Moose mit nur einschichtigen Blättern. Unten rechts: Bei einigen Arten, wie hier bei *Syntrichia ruralis*, ist die Zelloberfläche mit Papillen versehen, deren Funktion allerdings nicht ganz klar ist. Auffälligerweise findet man Papillen vor allem bei Moosen trockener Habitate.

Die kleinsten Blätter der Laubmoose sind nicht einmal einen Millimeter lang, die längsten können 6 cm erreichen, und zwar bei der im tropischen Amerika vorkommenden Art *Syrrhopodon porlifer* var. *tenuifolius*. Bei vielen Arten weisen die Blätter eine Mittelrippe auf und der Blattrand ist oft gezähnt oder mit speziell ausgeprägten, langen Zellen gesäumt (Abb. 2.20).

Die Blätter sind normalerweise eine Zellschicht dick. Einzig die Rippe ist mehrschichtig und weist oft Zellen mit stark verdickten Wänden auf, die dem Blatt eine gewisse Stabilität geben (Abb. 2.21). Einige Arten besitzen allerdings auch mehrschichtige Blätter oder Blätter mit speziellen Strukturen wie z. B. die Assimilationslamellen der Polytrichaceae (Abb. 2.21). Viele Arten, insbesondere Mitglieder der Familie der Pottiaceae, weisen Papillen auf den Blattzellen auf (Abb. 2.21). Auch sogenannte Glashaare treten nur bei den Laubmoosen auf. Dabei handelt es sich um die Blattrippe, die als farbloses Haar aus der Blattspitze austritt. Glashaare finden sich vor allem bei Moosen, die auf trockenen Felsen und Mauern wachsen, wie z. B. der auf Betonmauern häufigen *Tortula muralis* (Abb. 2.22). Die Glashaare können verschiedene Funktionen haben. So wird angenommen, das sie einen wichtigen Strahlungsschutz darstellen oder

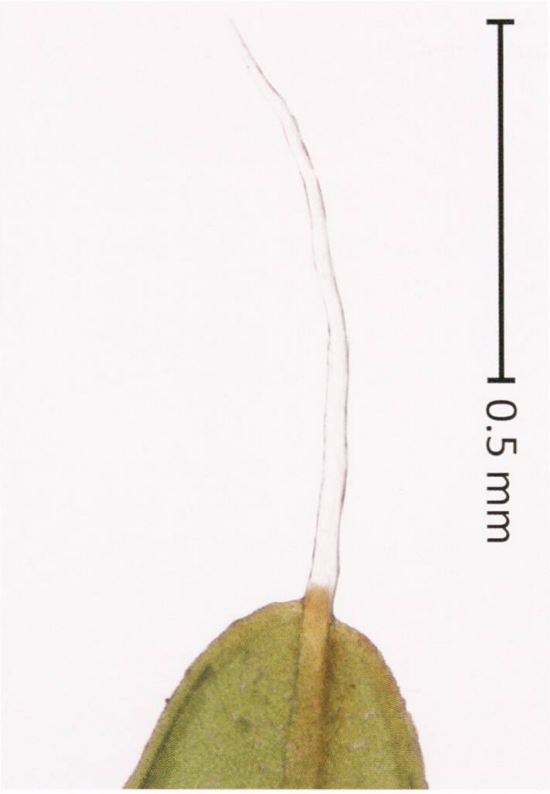


Abb. 2.22: Blattspitze mit Glashaar von *Tortula muralis*, einem auf Beton, Mauern und Kalkfelsen häufigen Polstermoos.

Abb. 2.23. An Glashaaren findet man am Morgen oft Tautröpfchen, wie hier bei *Grimmia pulvinata*.

auch als Taufänger dienen und so den Moosen am Morgen Feuchtigkeit zuführen (Abb. 2.23).

Auch Laubmoose können am einfachsten aufgrund ihres Sporophyten erkannt werden. Nur bei den Laubmoosen wird der obere Teil des Archegoniums abgerissen und bildet eine Haube aus, die mit der jungen Kapsel emporgehoben wird und sie schützt. Ebenfalls nur bei den Laubmoosen öffnet sich die Kapsel mit einem Deckel und nur bei ihnen ist ein Zahnkranz (Peristom) um die Kapselöffnung zu finden (Abb. 2.9). In den meisten Fällen löst sich der Kapseldeckel einfach von der Kapsel ab, sobald die Sporen reif sind.

Bei den Torfmoosen (*Sphagnum* spp.) geschieht dies allerdings spektakulärer. Die kugeligen, reifen Kapseln (Abb. 2.24) bauen im Innern einen Druck von zwei bis fünf Bar auf (zum Vergleich: 2.5 Bar entsprechen etwa dem Druck in einem Autoreifen), indem Gase eingelagert werden und sich die

Abb. 2.24: Torfmoos (*Sphagnum angustifolium*) mit Sporophyten. Die reifen Kapseln sind bei den Torfmoosen immer kugelig und dunkelbraun gefärbt. Einige Kapseln haben den Deckel bereits abgeworfen und die Sporenmasse ausgeschleudert.

Kapsel in der Sonne durch Austrocknung stark zusammenzieht. Sobald der Druck in der Kapsel genügend gross ist, wird der Kapseldeckel zusammen mit den Sporen explosionsartig zehn bis zwanzig Zentimeter in die Höhe geschleudert (Abb. 2.25). Dies reicht bereits, damit die Sporen etwas turbulentere Luftschichten erreichen und durch den Wind weiter transportiert werden können.

Bei den Laubmoosen ist zudem der Kapselstiel, die sogenannte Seta, viel robuster aufgebaut als bei den Lebermoosen und bleibt meist über mehrere Monate erhalten.

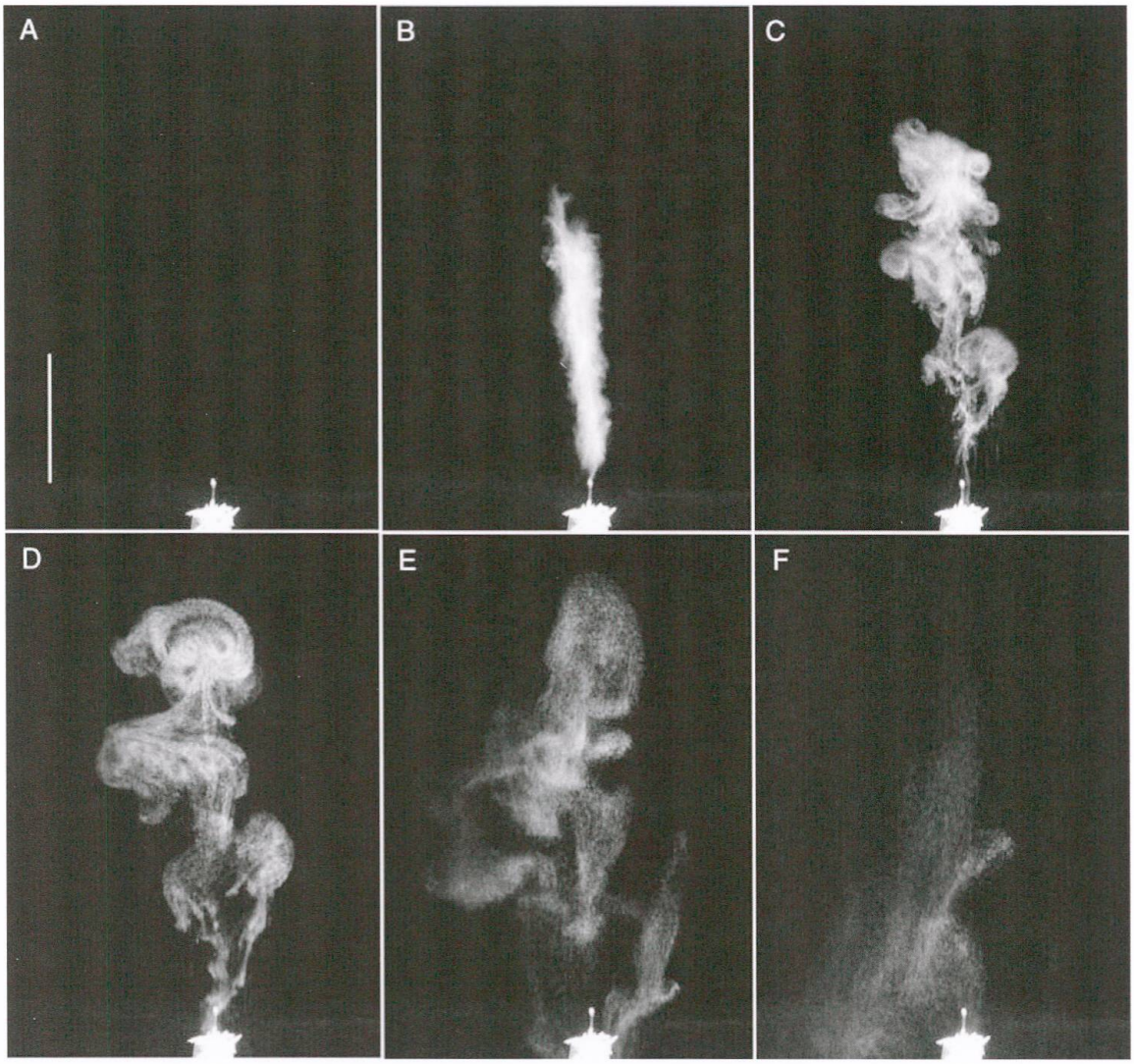


Abb 2.25: Explosionsartige Entleerung einer Torfmooskapsel. Bild D zeigt die Sporenwolke 0.72 Sekunden nach dem explosionsartigen Abwurf des Kapseldeckels. Nach fünf Sekunden (Bild F) sind die Sporen schon wieder am Sinken und viele sind bereits gelandet. Die Länge des Massstabs in Bild A beträgt 5 cm (reproduziert aus Sundberg 2011 mit Bewilligung von Oxford University Press).

2.3.3 Hornmoose (Anthocerotophyta)

Mit weltweit 150 Arten bilden die Hornmoose die artenärmste Gruppe der Moose. In der Schweiz kommen nur gerade drei Arten vor. Im Kanton Schaffhausen wurden bislang keine Hornmoose gefunden. Es scheint aber nicht ausgeschlossen, dass wenigstens *Anthoceros agrestis* (Abb. 2.1), die häufigste der drei Schweizer Hornmoosarten, bei uns vorkommt, bisher aber übersehen wurde. Hornmoose haben einen relativ einfach gebauten Thallus (beblätterte Formen gibt es nicht) und sehen deshalb, zumindest so lange keine Sporophyten vorhanden sind, den thallösen Lebermoosen ähnlich. Mikroskopisch sind sie allerdings einfach zu erkennen. Im Gegensatz zu allen anderen Moosen findet sich in den Zellen der Hornmoose nur ein einziger, grosser Chloroplast. Dieser enthält zudem Pyrenoide. Diese spielen eine wichtige Rolle bei der Photosynthese und sind sonst nur bei verschiedenen Algengruppen zu finden. Unter anderem deshalb galten Hornmoose lange Zeit als die ursprünglichste der drei Moosgruppen. Erst neuere, auf genetischen Analysen beruhende Studien zeigen, dass die Hornmoose wahrscheinlich die den Gefässpflanzen am nächsten verwandte Gruppe darstellen (Abb. 2.2). In den sehr locker aufgebauten Thalli der Hornmoose kann man öfters *Nostoc*-Kolonien finden. Das sind Blaualgen oder Cyanobakterien, die Luftstickstoff fixieren und somit in eine für Pflanzen verfügbare Form bringen. Damit tragen sie zur Stickstoffversorgung der Hornmoose bei und profitieren selbst von den Hornmoosen durch den Schutz, den ihnen die Thalli gewähren. Wenn Hornmoose ihre auffälligen hornförmigen Sporophyten bilden, sind sie auch von blossem Auge einfach zu erkennen; dadurch unterscheiden sie sich deutlich von den Lebermoosen.

2.4 Sexuelle und asexuelle Fortpflanzung

Die Geschlechtsorgane der Moose können beide auf dem gleichen Individuum ausgebildet werden (einhäusige Arten) oder auf verschiedenen Individuen (zweihäusige Arten). Im letzteren Fall gibt es also männliche und weibliche Pflanzen. Da wie bereits erwähnt die Spermatozoiden keine grossen Distanzen zurücklegen können, müssen die beiden Geschlechter räumlich nahe beisammen sein, um eine erfolgreiche Befruchtung zu ermöglichen. Dies ist bei einhäusigen Arten immer der Fall. Bei zweihäusigen Arten hingegen können die Distanzen zwischen männlichen und weiblichen Pflanzen schnell zu gross für eine Befruchtung sein. Einhäusige Arten bilden denn auch viel häufiger Sporophyten als die zweihäusigen Arten. Sporophyten bei einhäusigen Arten gehen oft aus Selbstbefruchtung hervor, doch scheint dies kein Nachteil zu

sein. Wenn allerdings die Bildung von Sporophyten ein Vorteil ist, um langfristig überleben zu können, dann müssten zweihäusige Arten eigentlich relativ selten sein. Doch genau das Gegenteil ist der Fall: fast 60 % der Laubmoose und 70 % der Lebermoose sind zweihäusig. Ist sexuelle Fortpflanzung bei Moosen vielleicht gar nicht so wichtig? Auffällig ist, dass sich neben der sexuellen verschiedenste Formen der asexuellen oder vegetativen Fortpflanzung entwickelt haben.

Sehr viele Moose haben «unendliches» Wachstum: Sie wachsen an der Sprossspitze, bilden Äste aus und verzweigen sich. Die älteren Sprossabschnitte werden irgendwann unter dem Laub begraben und zersetzen sich, während die Spitze weiter wächst. Besonders raffiniert geschieht dies beim Etagenmoos *Hylocomium splendens*, welches jährlich eine neue Etage ausbildet und sich so über das Laub emporheben kann (Abb. 2.26). Durch dieses sogenannte klonale Wachstum können Moose grosse Flächen bedecken, unter Umständen mit nur einem einzigen oder ganz wenigen genetischen Individuen. Viele

Abb. 2.26: Vegetative Vermehrung bei Moosen: Das Etagenmoos *Hylocomium splendens* bildet jedes Jahr eine neue Etage, während die älteren Sprossabschnitte langsam unter dem Laub begraben werden.

Arten haben auch spezialisierte vegetative Fortpflanzungseinheiten entwickelt (Abb. 2.27). Die vegetativen Fortpflanzungseinheiten fallen leicht ab und können bei Regen weggeschwemmt oder auch mit Tieren verbreitet werden. Gelangen sie an geeignete Standorte, können sie anwachsen und neue Moospflänzchen bilden. Bei einigen Arten können sogar die Blätter als Fortpflanzungseinheiten dienen. Beispielsweise sind bei *Mnium stellare* die Blätter oft brüchig; gelangen die Blattfragmente an geeignete Orte, können sie Würzelchen und neue Sprösschen ausbilden (Abb. 2.28). Die vegetativen Fortpflanzungseinheiten dienen allerdings kaum der Fernverbreitung, da sie im Allgemeinen schwerer und weniger widerstandsfähig als Sporen sind.

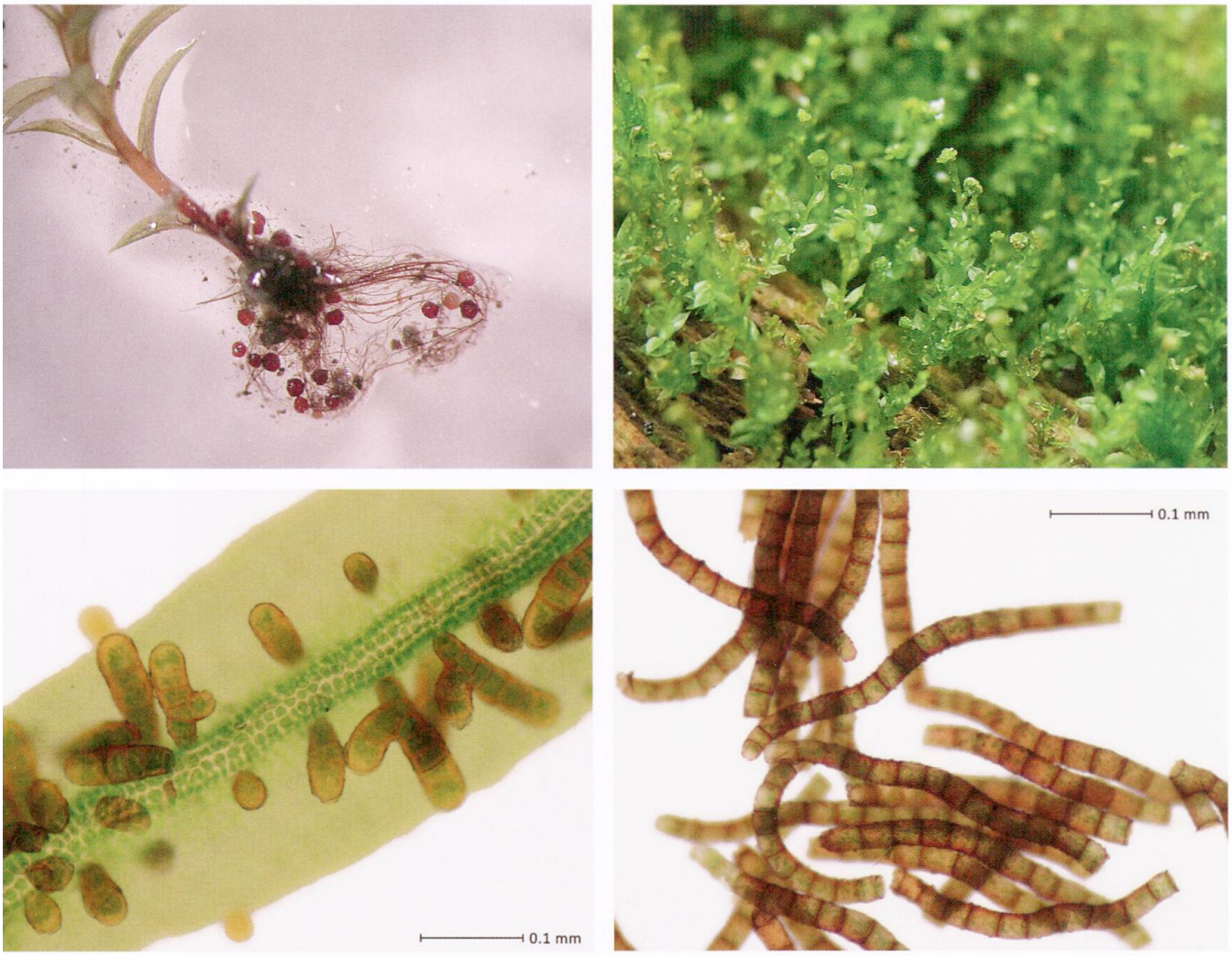


Abb. 2.27: Spezialisierte vegetative Fortpflanzung bei Moosen. Oben links: *Bryum rubens* mit roten Gemmen an den Rhizoiden. Oben rechts: *Tetraphis pellucida* mit Brutbecherchen am Ende der Sprosse. In diesen werden linsenförmige Brutkörper gebildet. Unten links: *Orthotrichum lyellii* mit Brutkörperbildung auf den Blättern. Unten rechts: Fädige Brutkörper aus den Blattachseln von *Encalypta streptocarpa*.

Im Vergleich zur sexuellen Fortpflanzung sind die zu investierenden Ressourcen in die asexuelle Fortpflanzung geringer. Unter suboptimalen Bedingungen werden weniger Sporophyten gebildet und es wird mehr in die asexuelle Fortpflanzung investiert. So bilden die gleichen Moose in polaren Gebieten viel seltener Sporophyten aus als in den gemässigten Breiten. Auch ist die vegetative Fortpflanzung weniger an einen verfügbaren Wasserfilm gebunden als die sexuelle. Mindestens für die lokale Ausbreitung bzw. das Halten des Wuchsortes dürfte deshalb die asexuelle Fortpflanzung Vorteile gegenüber der sexuellen aufweisen.

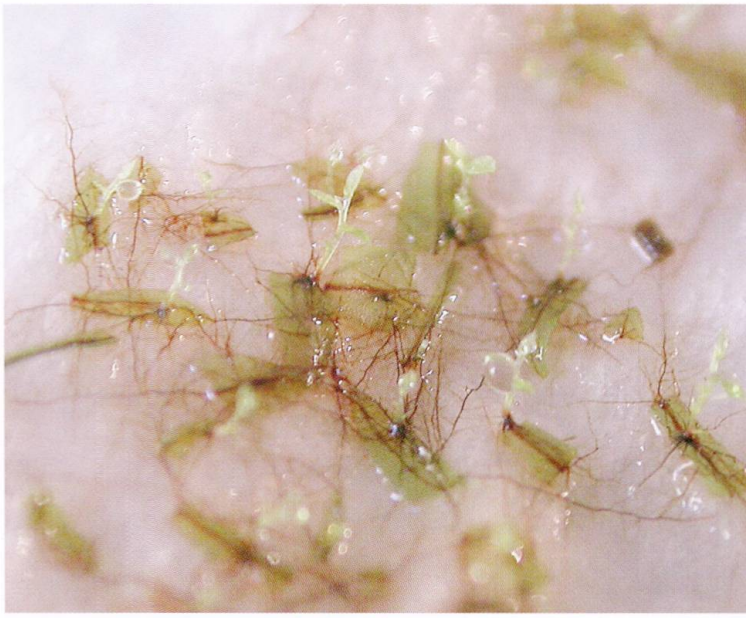


Abb. 2.28: Einzelne Blätter von *Mnium stellare* bilden in einer Petrischale auf einem feuchten Papiertaschentuch zahlreiche neue Rhizoide und Moospflänzchen aus. Die Blätter sind bei dieser Art oft brüchig und fallen leicht ab. Sie dienen deshalb auch der vegetativen Vermehrung.

Bei vielen Moosen können beliebige Teile des Pflanzenkörpers neue, lebensfähige Moospflänzchen ausbilden. Zerstückelt man Moose mit der Schere, so wachsen bei vielen Arten die entstanden Stücke problemlos weiter und bilden Würzelchen aus. Diese Regenerationsfähigkeit von Moosen bleibt lange erhalten. Deshalb ist es bei Moosen schwierig festzustellen, ob ein Sprösschen noch lebt oder tot ist. So können aus scheinbar toten, braunen Stämmchen, die z. B. unter einer dicken Laubschicht begraben waren, neue grüne Sprösschen wachsen, sobald sie wieder ans Licht kommen. Ein extremes Beispiel für die Regenerationsfähigkeit von Moosen wurde erst kürzlich entdeckt: Moose, die vor über 400 Jahren in Kanada während der kleinen Eiszeit von Gletschern zugedeckt wurden und nun mit dem Rückzug der Gletscher wieder zum Vorschein gekommen sind, bildeten teilweise neue Sprösschen aus.

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 eindrückliche 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 km^2 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.

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 cm^2.

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

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.

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

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.

Eine zweite nicht-einheimische Art, die man vor allem in Städten oder zumindest in Stadtnähe finden kann, ist *Lunularia cruciata*, ein thallöses 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 brackigem 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 thallöses 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 thallöse 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 CO_2-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 trockner oder feuchter Erde oder auf Torf.

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

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. 3.16. 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 hygromerica* 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 Moosschicht 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.

4 Moos und Mensch

Der Mensch isst zwar keine Moose (das Isländische Moos aus der Pflanzenheilkunde ist kein Moos, sondern die Strauchflechte *Cetraria islandica*), trotzdem wurden und werden sie vom Menschen für vielerlei Zwecke genutzt. Wahrscheinlich dienten Moose früher als Toilettenpapier, findet man doch in mittelalterlichen Latrinen immer wieder Moose. Dabei handelt es sich meist um grosse Waldmoose, die sich anhand der Überreste gut bestimmen lassen. In der jungsteinzeitlichen Ufersiedlung Hornstaad-Hörnle am Untersee wurden Moose vermutlich als Bodenbelag verwendet (vor ca. 4000 Jahren). In den Bodenproben der Ufersiedlung konnten insgesamt 45 Arten nachgewiesen werden. Die meisten dieser Arten sind in der Umgebung auch heute noch häufig zu finden. Einige Arten, die relativ häufig in den Proben gefunden wurden, sind jedoch heute in der näheren Umgebung sehr selten. Dabei handelt es sich vor allem um lichtliebende, epiphytische, also auf Bäumen wachsende, Arten wie *Neckera pennata* oder *Antitrichia curtipendula* (Abb. 4.1). Es

Abb. 4.1: *Antitrichia curtipendula*, hier auf dem Schlossranden, wurde in der jungsteinzeitlichen Ufersiedlung Hornstaad-Hörnle am Untersee zusammen mit anderen Moosen als Bodenbelag genutzt. Heute ist die Art im Kanton Schaffhausen und am Untersee eher selten.

wird vermutet, dass die Wälder früher sehr viel lichtreicher waren als heute und deshalb diesen Arten einen geeigneten Lebensraum boten.

Moose wurden auch häufig dazu benutzt, Ritzen bei Häusern oder, in einem Gemisch mit Teer, zwischen Bootsplanken zu stopfen. Im Wallis wurden Moose dazu verwendet, Wasserrinnen (Suonen) abzudichten. Bis gegen Ende des 19. Jahrhunderts, teilweise sogar bis Mitte des 20. Jahrhunderts, wurde Waldstreu intensiv genutzt. Dabei wurde der Waldboden mit speziellen Rechen abgekratzt und alles mitgenommen, neben Laubstreu auch viele Moose. Diese Waldstreu wurde im Stall zur Bindung des Viehdungs ausgebracht und dann auf Äckern als Dünger verwendet.

Abb. 4.2: Das im trockenen Zustand gräuliche *Leucobryum glaucum* oder Weiss- oder Klumpenmoos, wie es in Blumenläden und Gärtnereien genannt wird, ist in Schaffhausen sehr selten und kommt nur auf dem Geissberg und oberhalb der Tüfels-Chuchi bei Beringen vor. Die in Blumenläden und Gärtnereien verwendeten Polster stammen mehrheitlich aus Frankreich. In der Schweiz ist die Art geschützt.

Torfmoose haben antibakterielle Wirkung und besitzen eine enorm hohe Wasserspeicherkapazität (bis zum 25-fachen ihres Trockengewichts). Wegen dieser Eigenschaften wurden sie während dem ersten Weltkrieg in grossem Massstab für Wundverbände eingesetzt. Gegen Ende des ersten Weltkrieges sollen in England bis zu einer Million Wundverbände aus Torfmoosen pro Monat produziert worden sein. Ebenfalls wegen ihrer Saugfähigkeit wurden Torfmoose auch als Einlagen in Damenbinden oder als Babywindeln verwendet.

Auch für ästhetische Zwecke werden Moose genutzt. In Japan werden zum Beispiel Moosgärten angelegt. Bei uns werden Moose häufig für Dekorationszwecke eingesetzt. So werden Weihnachtskrippen und Osternester mit Moosen ausgelegt. In fast allen Blumenläden wird *Leucobryum glaucum* (Abb. 4.2) für Kränze oder als Erdbedecker in Blumentöpfen verwendet. Da die Art grosse, dichte Polster bildet, wird sie in Blumenläden als Klumpenmoos bezeichnet. In der Schweiz ist das Klumpenmoos allerdings geschützt und darf nicht gesammelt werden. Das in Blumenläden und Gärtnereien verwendete Klumpenmoos stammt mindestens teilweise aus Frankreich, viel-

leicht auch aus anderen Ländern. Da es nirgends gezüchtet wird, stammen die zum Verkauf angebotenen Polster immer aus natürlichen Vorkommen. Es muss bezweifelt werden, dass das Sammeln nachhaltig erfolgt. Neben dem Klumpenmoos wird auch oft das Plattenmoos (*Ctenidium molluscum*, Abb. 4.3) für Dekorationszwecke verwendet. Das Plattenmoos ist in Schaffhausen sehr häufig auf Kalkfelsen in lichten Wäldern zu finden.

Grössere wirtschaftliche Bedeutung haben vor allem die Torfmoose (Gattung *Sphagnum*). Der durch sie gebildete Torf wird noch immer grossflächig abgebaut; zwar nicht mehr in der Schweiz (Hochmoore sind seit der Annahme der Rothenturminitiative 1987 geschützt), aber in Nord- und Osteuropa. Der abgebaute Torf wird in Torfkraftwerken in Finnland oder Irland verbrannt und in Energie umgewandelt. Auch die meiste Gartenerde, die bei uns verkauft wird, enthält Torf. Dabei muss man sich bewusst sein: Verwendet man Torf im Garten, fördert man die Zerstörung natürlicher Lebensräume und damit das Habitat vieler gefährdeter Moose und anderer Organismen. Heute gibt es verschiedene Angebote mit Torfersatz im Verkauf. Liebhaber schottischen Whiskys kennen übrigens noch eine weitere Verwendung von Torf. Bei einigen Whiskysorten wird das feuchte Malz über einem Torffeuer getrocknet, was diesen Sorten ihren eigenen Geschmack gibt.

Abb. 4.3. *Ctenidium molluscum* wird gerne für Dekorationszwecke eingesetzt, da sich das Moos in grossen Decken ablösen lässt. In Blumenläden und Gärtnereien wird es deshalb Plattenmoos genannt. Im Kanton Schaffhausen ist die Art häufig. Sie kommt vor allem in lichten Wäldern auf Kalkfelsen vor.

Nicht nur Torf, sondern auch getrocknete Torfmoose sind im Handel erhältlich. Diese werden z. B. für die Zucht von Orchideen und fleischfressenden Pflanzen verwendet oder in Amphibien-Terrarien eingesetzt.

Im Naturschutz dienen Moose als Bioindikatoren für das Umweltmonitoring. So werden in der Schweiz im Rahmen einer europäischen Studie seit 1990 Moose für die Messung der Umweltbelastung durch Schwermetalle eingesetzt (Abb. 4.4).

Moose eignen sich sehr gut dazu, da sie Schwermetalle, wie alle Stoffe, über die gesamte Oberfläche aufnehmen und zudem nicht selektiv sind, d. h. alle Schwermetalle aufnehmen. Die Schwermetalle werden in und zwischen den Zellen gelagert, ohne dass die Moose dadurch Schaden nehmen. Im Vergleich zu technischen Messungen sind die Moose viel günstiger. Es ist deshalb möglich, grosse Gebiete relativ dicht zu untersuchen und so geographische Muster von Schadstoffbelastungen zu erfassen. Da Moose oft grosse Verbreitungsgebiete aufweisen, können für das europäische Schwermetallmonitoring europaweit sogar die gleichen Arten verwendet werden (z. B. *Pleurozium schreberi* und *Hypnum cupressiforme*).

Neben diesem direkten Biomonitoring können Moose auch für indirektes Biomonitoring eingesetzt werden. Dabei werden aufgrund des Vorkommens von Moosarten Rückschlüsse auf die Umwelt gezogen. Moose werden so zum Beispiel verwendet, um die Qualität von Fliessgewässern zu beurteilen, Veränderungen des Wasser- und Nährstoffhaushalts in Mooren oder das Ausmass der Luftverschmutzung in Städten zu erfassen.

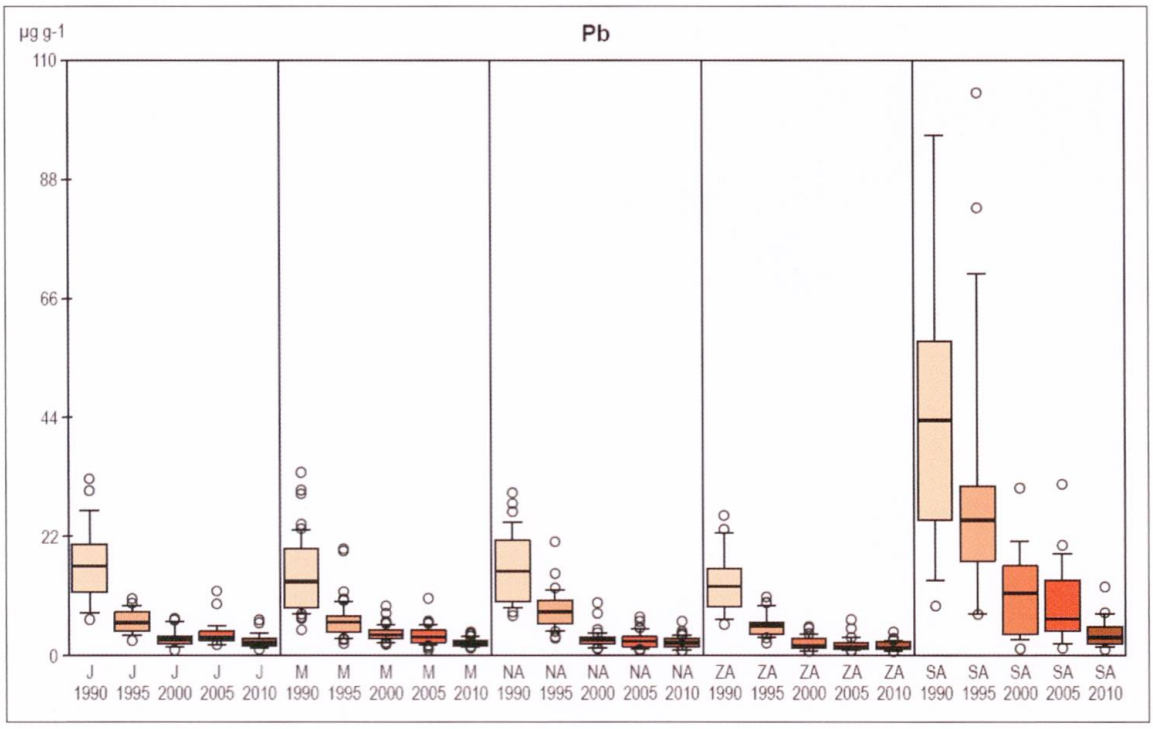


Abb. 4.4: Deposition von Blei, gemessen in Moosen, in verschiedenen Naturräumen der Schweiz seit 1990. In allen Naturräumen hat die Bleikonzentration zwischen 1990 und 2000 deutlich abgenommen und blieb seither, ausser in den Südalpen, auf tiefem Niveau konstant. In den Südalpen hat die Konzentration zwischen 2000 und 2010 nochmals abgenommen und nun praktisch das Niveau der übrigen Schweiz erreicht. J = Jura; M = Mittelland; NA = Nordalpen; ZA = Zentralalpen; SA = Südalpen (reproduziert aus Thöni et al. 2013 mit Bewilligung des BAFU).

5 Sind Moose gefährdet?

Gemäss der aktuellen Roten Liste der gefährdeten Moose der Schweiz sind rund 38 % der Schweizer Moose gefährdet. Damit sind die Moose ähnlich stark bedroht wie die Brutvögel. Es sind bisher zwar kaum Arten in der Schweiz ausgestorben, doch sind viele Arten, die noch vor 100 Jahren häufig waren, heute nur noch an wenigen Stellen zu finden.

Die sehr intensive Landwirtschaft mit dem fast vollständigen Fehlen von Stoppelfeldern oder offenen Brachen, die geringen Anteile von alten Bäumen und Totholz in vielen Wäldern (Abb. 5.1), das Verschwinden der grossflächigen, natürlichen Auen in den tieferen Lagen, die intensive Wassernutzung zur Stromproduktion, die Zerstörung vieler Moore durch Entwässerung, die hohen Stickstoffeinträge durch die Luft sowie die direkte Zerstörung von Moospopulationen durch Neubauten, Strassen, Skilifte und weitere Infrastruktur gehören zu den Hauptursachen für den Rückgang vieler Moose. Zudem gibt es Indizien dafür, dass aufgrund der seit über 150 Jahren ansteigenden Temperaturen kälteliebende Moose in den tieferen Lagen bereits seltener geworden sind.

Abb. 5.1: Die Baumartenzusammensetzung unserer Wirtschaftswälder ist zwar meist naturnah, doch fehlen alte Bäume. Ausbreitungslimitierte Moose, die viel Zeit brauchen, um neue Bäume zu besiedeln, haben es deshalb in solchen Wirtschaftswäldern schwer.

Neben diesen negativen Entwicklungen, die teilweise immer noch weiter ablaufen oder deren Folgen immer noch spürbar sind, gibt es aber auch viele positive Veränderungen, von denen auch Moose profitieren. Viele Moore sind in der Schweiz gut geschützt, und auch wenn die Qualität der Moore insgesamt immer noch abnimmt, profitieren Moose vom Schutz der Moore. Einige Hochmoore und Flachmoore wurden renaturiert, viele Auen werden in den nächsten Jahren oder Jahrzehnten revitalisiert. In den Schweizer Wäldern liegt heute wieder mehr Totholz als noch vor 20 Jahren (teilweise als Folge des Sturms Lothar). Dies kommt den Totholzspezialisten unter den Moosen zugute (Abb. 5.2).

Abb. 5.2: Strünke und liegendes Totholz (links) sind für viele Moose ein wichtiges Substrat. Neben zahlreichen Laubmoosen kommen auch einige typische Lebermoose auf Totholz vor wie *Lophocolea heterophylla* (rechts). Die Sprösschen von *Lophocolea heterophylla* sind hier ungefähr 1.2 mm breit.

Nur die wenigsten Arten, die in einer Roten Liste als gefährdet eingestuft sind, sind auch geschützt. Die geschützten Arten sind im Anhang der Natur- und Heimatschutzverordnung aufgeführt: Es sind dies zehn Moosarten sowie alle Torfmoose (Gattung *Sphagnum*). Wildlebende Pflanzen dieser Arten dürfen nicht gepflückt, nicht ausgraben und nicht zum Verkauf angeboten werden.

Einige Moose sind auch international geschützt. In der Berner Konvention, einem völkerrechtlichen Vertrag des Europarates, sind 23 Moosarten aufgeführt, von denen zwei im Kanton Schaffhausen vorkommen (*Buxbaumia viridis* und *Dicranum viride*).

Um die Gefährdungssituation bei Moosen zu verbessern, bedarf es weiterer Anstrengungen. Negative Einflüsse müssen soweit möglich unterbunden werden. Hier lässt die Umsetzung der Biodiversitätsstrategie hoffen, die vom Bundesamt für Umwelt zurzeit konkretisiert wird. Problematisch ist natürlich, dass die Behörden, die für die Umsetzung des Naturschutzes zuständig sind, wie z. B. die kantonalen Naturschutzämter, die zu schützenden Moose meist nicht kennen. Sehr wichtig ist deshalb eine gute Zusammenarbeit zwischen Behörden und Moosexperten. Nur so können Massnahmen richtig geplant und umgesetzt werden. Bei vielen Moosarten fehlt es aber noch an Wissen zu ihrer Biologie, Ökologie und Verbreitung. Veränderungen sind deshalb oft schwierig zu interpretieren. Darum ist es wichtig, dass auch naturschutzbiologische Forschung mit Moosen stattfindet.

Abb. 5.3: Rudolphs Trompetenmoos *Tayloria rudolphiana* (links) wächst auf Ahornbäumen (*Acer pseudoplatanus*, rechts) in den Alpen. Die Schweiz hat eine hohe Verantwortung für diese Art.

Ein neues Instrument im Naturschutz ist die Liste der für die Schweiz prioritären Arten, welche vom Bundesamt für Umwelt 2011 publiziert wurde. Der Prioritätsstatus einer Art wird aus ihrer Gefährdung in der Schweiz und der internationalen Verantwortung der Schweiz für diese Art berechnet. Artenschutzmassnahmen sind zuerst bei Arten mit hoher Priorität vorzunehmen. Die Schweiz hat für insgesamt 120 Moosarten eine hohe bis sehr hohe Verantwortung. Viele dieser Moose haben ihren Verbreitungsschwerpunkt im Alpenbogen, wie etwa die ausschliesslich an trockenfallenden Ufern alpiner Seen vorkommende *Riccia breidleri*, ein Sternlebermoos, oder die fast nur auf Bergahorn in den Nordalpen wachsende *Tayloria rudolphiana* (Abb. 5.3). Auch in Schaffhausen kommen verschiedene prioritäre Moosarten vor (Kapitel 7.3), wie z. B. *Fissidens grandifrons* am Rheinfall (Abb. 5.4), ein stark gefährdetes Wassermoos der höchsten Prioritätsstufe.

Abb. 5.4 *Fissidens grandifrons*, eine für den Naturschutz in der Schweiz prioritäre Art, die auch am Rheinfall vorkommt. *Fissidens grandifrons* ist die grösste Art der Gattung *Fissidens* bei uns und kann bis 10 lange Sprosse entwickeln.

6 Moose selbst sammeln und bestimmen

Mit etwas Übung lassen sich mit einer Lupe mit 10 – 15-facher Vergrösserung viele Moosgattungen bereits im Feld erkennen. So ist zum Beispiel die Gattung *Fissidens* einfach an den zweizeilig gestellten Blättern zu erkennen (Abb. 6.1) oder die Gattung *Polytrichum* an ihrem tännchenartigem Aussehen (Abb. 6.2). Auch gewisse Arten lassen sich bereits im Feld klar ansprechen, wie zum Beispiel das durch runde Brutbecher eindeutig zu erkennende Brunnenlebermoos (*Marchantia polymorpha*; Abb. 6.3).

Oft muss man Moose allerdings sammeln, da für die genaue Bestimmung vieler Arten mikroskopische Merkmale herangezogen werden müssen. Solche Merkmale sind zum Beispiel die Form und Grösse der Blattzellen, die Länge der Blattmittelrippe oder ob die Blattzellen Oberflächenstrukturen wie Papillen besitzen. Teilweise müssen auch Blattquerschnitte angefertigt werden, um den Aufbau der Blattrippe zu beurteilen.

Somit kommt man nicht umhin, sich für die vertiefte Auseinandersetzung mit Moosen ein Mikroskop und ein Binokular zu beschaffen. Um die mikroskopischen Präparate wie z. B. Blatt- oder Stämmchenquerschnitte herzustellen, braucht es ein bisschen Übung, doch lernt man

Abb. 6.1: Die Gattung *Fissidens* ist leicht an den auffällig zweizeilig gestellten Blättern zu erkennen. Die Sprosse des hier abgebildeten *Fissidens dubius* sind 2 – 2.5 cm lang.

Abb. 6.2: Arten aus der Gattung *Polytrichum* (im Bild *Polytrichum formosum*, die bei uns häufigste Art) gehören zu den grössten einheimischen Moosen und sind an ihrem tännchenartigen Aussehen zu erkennen.

Abb. 6.3: Das Brunnenlebermoos *Marchantia polymorpha* ist an den runden Brutbechern gut zu erkennen. In diesen werden kleine, scheibenförmige Brutkörper gebildet, die bei Regen leicht weggeschwemmt werden. Sie dienen der vegetativen Vermehrung der Art.

das schnell. Mehr Schwierigkeiten bereiten am Anfang die vielen Fachbegriffe, die man kennen muss, um Moose identifizieren zu können. Zudem benötigt man Bestimmungsliteratur. In Schaffhausen sind wir in der glücklichen Lage, dass wir die ausgezeichnete Moosflora von Baden-Württemberg verwenden können. Darin sind alle Moose des Kantons Schaffhausen enthalten und die Bestimmungsschlüssel sind meist sehr gut. In den Alpen und der Südschweiz ist es schwieriger: Die neueste Laubmoosflora der Schweiz ist leider schon fast 100 Jahre, die neueste Lebermoosflora 90 Jahre alt. Beide Florenwerke sind nicht mehr aktuell. Arten, die seit ihrem Erscheinen neu in der Schweiz gefunden wurden, fehlen, und die Namen der Arten sind veraltet. Allerdings ist Besserung in Sicht: Zurzeit laufen die Arbeiten an einer aktuellen Online-Moosflora für die Schweiz: Unter www.swissbryophytes.ch findet man viele Informationen zur Schweizer Moosflora und verschiedene Bestimmungsschlüssel. Von Moosbüchern, die eine rasche Bestimmung mittels Bil-

dern versprechen, ist allgemein abzuraten. Aufgrund von Fotos sind nur in Ausnahmefällen Arten richtig bestimmbar.

Aufbewahren lassen sich Moose einfach in Papiercouverts (Abb. 6.4). In diesen trocknen sie schnell aus und man kann sie problemlos über lange Zeit aufbewahren. Probleme mit Insektenbefall, wie man das von Gefässpflanzen her kennt, gibt es keine. Für die Bestimmung können die getrockneten Moose auch nach Jahrzehnten wiederbefeuchtet werden. Alle morphologischen Merkmale sind auch nach langer Zeit noch unverändert erhalten. Einzig die Farben sind verblasst und die Ölkörper der Lebermoose lösen sich meist schon nach wenigen Tagen oder Wochen auf.

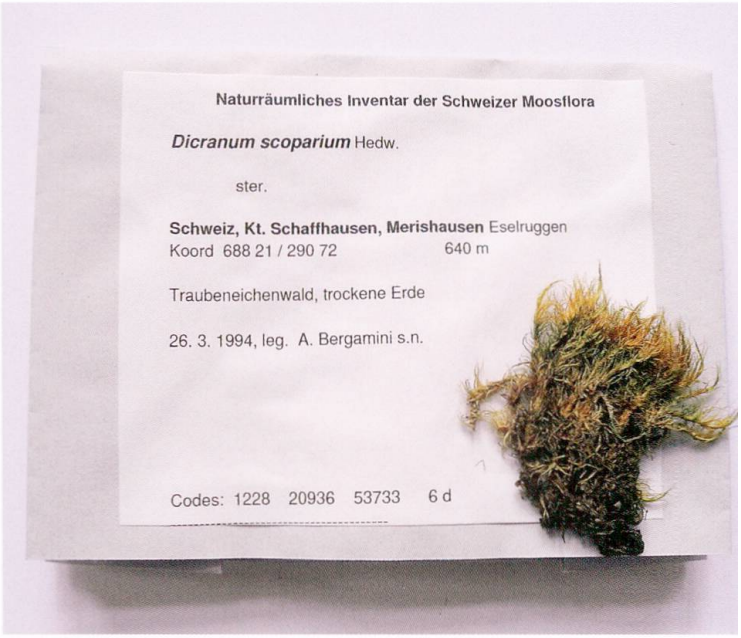


Abb. 6.4: Ein Herbarcouvert zusammen mit dem Beleg von *Dicranum scoparium*, einem häufigen Laubmoos, gesammelt am 26. 3. 1994 bei Merishausen am Eselruggen. Herbarbelege sind die einzigen sicheren Nachweise, dass eine Art zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort vorgekommen ist.

Es ist also nicht ganz einfach, sich selbstständig in die Moose und ihre Vielfalt einzuarbeiten. Wer sich vertieft mit Moosen beschäftigen möchte, nimmt am besten Kontakt mit der Schweizerischen Gesellschaft für Bryologie und Lichenologie (Bryolich) auf. Bryolich bietet eine Vielzahl von Aktivitäten, darunter Anfängerexkursionen, Bestimmungsabende, Studientage und vieles mehr. An den Exkursionen kommt man leicht in Kontakt mit Experten und kann vieles lernen. Auf der Webseite von Bryolich (www.bryolich.ch) findet man alles über bevorstehende Veranstaltungen sowie Kontaktadressen. Bryolich veröffentlicht auch eine eigene einfache Zeitschrift, die Meylania, mit interessanten Beiträgen zur Moosflora der Schweiz.

7 Die Moosflora des Kantons Schaffhausen

Die Moosflora des Kantons Schaffhausen wurde lange Zeit vernachlässigt. So finden sich in den beiden Verzeichnissen der Moose der Schweiz und ihren Nachträgen (Amann et al. 1918, Amann 1933, Meylan 1924) kaum Funde aus Schaffhausen. Erst in den letzten zwanzig bis dreissig Jahren wurde auch der Moosflora Schaffhausens vermehrt Beachtung geschenkt. Zwar ist die Verbreitung der einzelnen Arten nur teilweise bekannt, doch sind mittlerweile genügend Daten vorhanden, um die Moosflora des Kantons kurz vorzustellen. In den letzten 200 Jahren haben mindestens 64 Personen im Kanton Schaffhausen wissenschaftlich Moose gesammelt. Die folgenden Ausführungen beruhen auf ca. 1250 Belegen, die in den letzten 20, vor allem aber in den letzten fünf Jahren von mir selbst gesammelt wurden, sowie auf ca. 1050 Belegen von anderen Moosforschern, die im Kantonsgebiet Moose gesammelt haben. Die wichtigsten Aufsammlungen darunter stammen von Max Lande und Alfons Schäfer-Verwimp (Kapitel 7.1).

Alle diese rund 2300 Belege sind in der Datenbank des *Datenzentrums Moose Schweiz* (NISM, www.nism.uzh.ch) erfasst und wurden mir freundlicherweise zur Verfügung gestellt (Datenbankauszug vom 7. 4. 2014).

7.1 Wie gut erforscht ist die Flora des Kantons Schaffhausen?

Im Kanton Schaffhausen werden seit Beginn des 19. Jahrhunderts Moose gesammelt, allerdings mit sehr unterschiedlicher Intensität (Abb. 7.1). Der älteste bekannte wissenschaftliche Beleg eines Mooses aus dem Kanton Schaffhausen stammt aus dem Jahr 1805. Von einem nicht bekannten Sammler wurde damals, vermutlich am Staufenberg bei Schleitheim, das Lebermoos *Frullania dilatata* gesammelt, welches eines der häufigsten epiphytisch vorkommenden Lebermoose unserer Wälder ist. In den folgenden Jahrzehnten wurden nur wenige weitere Belege gesammelt. Dies änderte sich erst ab 1850. Insbesondere der Rheinfall mit seiner speziel-

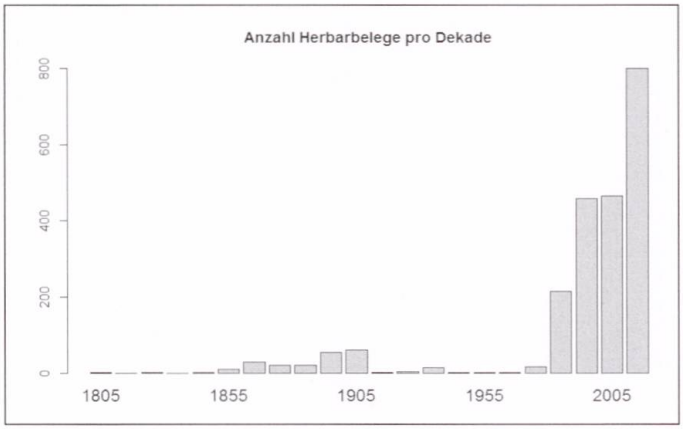


Abb. 7.1: Anzahl der im Kanton Schaffhausen gesammelten Moosbelege pro Jahrzehnt seit 1800. Fast 90 % aller Belege wurden nach 1980 gesammelt.

len Moosflora zog immer wieder Moosforscher an. Zwischen 1890 und 1910 wurde dann erstmals etwas intensiver im Kanton nach Moosen gesucht. Die Funde zwischen 1890 und 1900 wurden vor allem von Paul Culmann gesammelt, einem der bedeutendsten Moosforscher der Schweiz. Die Funde in den folgenden zehn Jahren stammen fast alle von Max Lande, der vor allem in den Jahren 1904 und 1905 Moose im Kanton sammelte und seine Herbaretiketten mit «Flora des Kantons Schaffhausen» betitelte (Abb. 7.2). Seine Belege sind im Herbar des Instituts für Systematische Botanik der Universität Zürich eingereiht. Leider wurden sie bisher nicht vollständig aufgearbeitet, so dass für die Rekonstruktion historischer Moosvorkommen im Kanton Schaffhausen äusserst wertvolle Daten nur teilweise verfügbar sind. Kleinere Aufsammlungen aus dem 19. und dem frühen 20. Jahrhundert existieren auch von den Schaffhausern Jean-Jacques Vetter, Johann Conrad Laffon und Ernst Kehlhofer. Diese Belege wurden bisher allerdings auch erst teilweise aufgearbeitet.

Anfangs der 1980er Jahre wurde das *Naturräumliche Inventar der Schweizer Moosflora* lanciert (heute *Nationales Inventar der Schweizer Moosflora*; www.nism.uzh.ch). Dieses Projekt löste schweizweit bryologische Aktivitäten aus, wodurch auch im Kanton Schaffhausen vermehrt Moose gesammelt wurden (Abb. 7.1). Fast 90 % der insgesamt 2300 erfassten Belege aus dem Kanton Schaffhausen wurden nach 1980 gesammelt. Sehr aktiv war vor allem in den 1980er Jahren Alfons Schäfer-Verwimp, ein Moosforscher aus Süddeutschland, der den Schiener Berg intensiv untersuchte und auch die Schweizer Seite bearbeitete. Auch aus der Umgebung von Thayngen und Stetten stammen viele Funde von ihm.

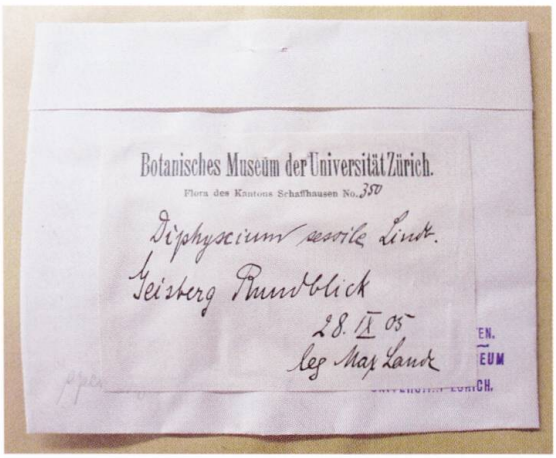


Abb. 7.2: Herbarbeleg von Max Lande, der 1904 und 1905 viele Moose im Kanton Schaffhausen sammelte. Bei diesem Beleg handelt es sich um *Diphyscium sessile* (= *D. foliosum*), seinen 350. Beleg der Schaffhauser Moosflora, gesammelt am 28. September 1905 auf dem Geis[s]berg beim Rundblick (womit wohl der Rundbuck gemeint ist). Die Art kommt dort heute noch vor.

Gegenwärtig sind 49 Lebermoose und 259 Laubmoose, insgesamt also 308 Moosarten, aus dem Kanton Schaffhausen bekannt. Hornmoose wurden bisher keine gefunden. Damit kommt über ein Viertel aller in der Schweiz bekannten Moose im Kanton Schaffhausen vor. Obwohl

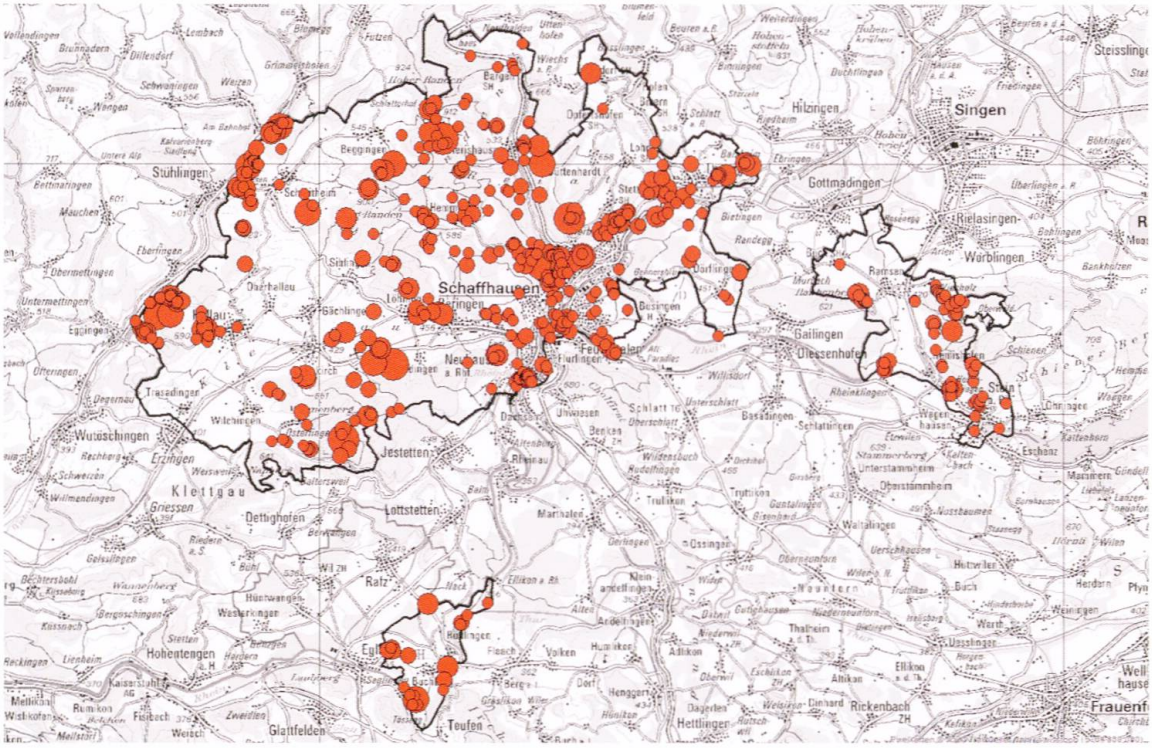


Abb. 7.3: Räumliche Verteilung der 1991 wenigstens auf 200 m genau lokalisierbaren Belege (rote Kreise) im Kanton Schaffhausen. Die Kreisgrösse ist proportional zur Zahl der an einem Ort gesammelten Belege und liegt zwischen 1 und 32 (reproduziert mit Bewilligung von swisstopo JA100118).

fast überall im Kanton schon Moose gesammelt wurden, gibt es einige Gebiete und Moosgruppen, die bisher nur wenig bearbeitet sind (Abb. 7.3). Die tatsächliche Artenzahl in Schaffhausen dürfte deshalb höher liegen, wie auch die Zunahme der Neufunde zeigt (Abb. 7.4). Diese gehen zwar in der letzten Zeit etwas zurück, insbesondere wenn der höhere Sammelaufwand in den letzten Jahren mitberücksichtigt wird (Abb. 7.1), doch zeigt die Darstellung trotzdem deutlich, dass noch mit weiteren Arten gerechnet werden darf.

7.2 Mooshabitate im Kanton Schaffhausen

7.2.1 Wälder

Der Kanton Schaffhausen ist ein waldreicher Kanton. Vor allem Buchenwaldgesellschaften prägen unsere Wälder, aber auch Eichen-Hagebuchenmischwälder, Ahorn- und Eschen-reiche Waldgesellschaften, Tannen-Buchenwälder, kleinflächig auch Flaumeichenwälder sowie Fichtenforste kommen vor. Die Vielfalt an Waldgesellschaften widerspiegelt die Vielfalt an Umweltbedingungen, aber auch das breite Spektrum an Waldnutzungen. Wälder sind naturnahe Habitate: Viele Moosarten sind denn auch in Wäldern zu finden.

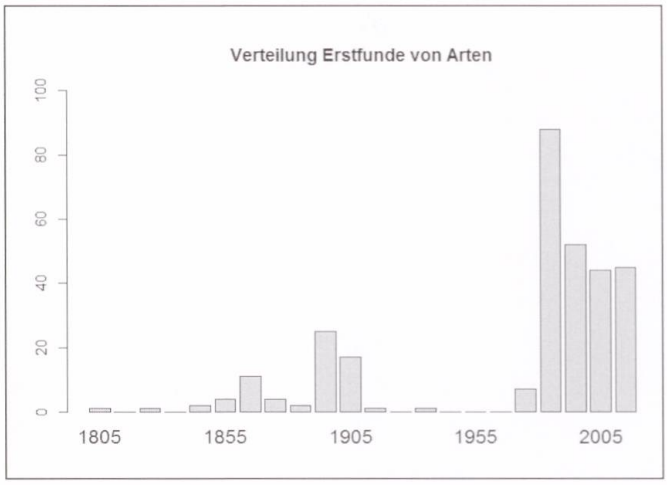


Abb. 7.4: Verteilung der Erstfunde im Kanton Schaffhausen pro Jahrzehnt. Die meisten Arten wurden erst in den letzten 30 Jahren gefunden. Die Zahl der Neufunde pro Dekade blieb in den letzten 20 Jahren ähnlich hoch, obwohl die Sammelaktivität sich in diesem Zeitraum markant erhöht hat (Abb. 7.1).

Eine besonders artenreiche Gruppe sind die epiphytischen Moose, also die Moose, die auf der Borke von Bäumen wachsen. Laubbäume sind im Allgemeinen artenreicher als Nadelbäume, da ihre Borke meist weniger sauer und nährstoffreicher ist. Auch die Borkenstruktur und ihre Wasserspeicherkapazität sind wichtig. Besonders artenreich sind Eschen und Bergahorne, die schnell mehr als 20 Moosarten aufweisen können. Auffällig üppig entwickelt sind epiphytische Moose in luftfeuchten, aber nicht allzu schattigen Lagen.

Den Hauptteil der epiphytischen Arten machen bei uns die Laubmoose aus. Unter diesen ist die Familie der Orthotrichaceae mit bisher 16 im Kanton Schaffhausen festgestellten Arten besonders gut vertreten (Abb. 7.5). Neben Laubmoosen sind aber auch fast immer einige Lebermoose zu finden, z. B. das thallöse Lebermoos *Metzgeria furcata* oder die beiden beblätterten Arten *Radula complanata* und *Frullania dilatata* (Abb. 7.6).

Die Wuchsformen epiphytischer Moose sind recht unterschiedlich, wobei häufig ein Wechsel der Wuchsformen vom Stammfuss zur Krone beobachtet wird. Am Stammfuss wachsen meist eher teppich- oder deckenbildende Arten, während weiter oben polster-

Abb. 7.5: Die Gattung *Orthotrichum*, hier *Orthotrichum lyellii*, ist oft auf der Borke von Laubbäumen zu finden. *O. lyellii* gehört zu den häufigsten Arten dieser Gattung. Die Art ist zwar praktisch immer steril, doch bildet sie kleine, mehrzellige Körperchen (Gemmen) auf den Blättern, die leicht abbrechen und der vegetativen Vermehrung dienen.

förmige Arten (v. a. *Orthotrichum*-Arten) besser vertreten sind. Durch den polsterförmigen Wuchs trocknen diese Arten weniger schnell aus und können deshalb bei Trockenheit etwas länger aktiv bleiben.

Das epiphytische Laubmoos *Dicranum viride*, welches auch im Kanton Schaffhausen vorkommt, ist in der Schweiz und europaweit geschützt. Im Kanton Schaffhausen konnte die Art bisher an sechs Stellen gefunden werden, fast immer auf alten Buchen. Die Art verbreitet sich rein vegetativ durch abbrechende Blattspitzen (Abb. 7.7). Sporophyten wurden bisher nie gefunden.

Abb. 7.6: Vielfalt epiphytischer Moose auf einer Esche. Das grosse, dunkel gefärbte Moos in der Bildmitte ist ein Lebermoos (*Frullania dilatata*, das Wassersackmoos). Bei den Übrigen handelt es sich um Laubmoose.

Für viele Moose im Wald sind liegendes Totholz und Baumstrünke ein wichtiges Substrat. Stehendes Totholz (Dürrständer) ist für Moose nicht interessant. Strünke und liegendes Totholz sind oft dicht mit verschiedenen Laub- und Lebermoosen bewachsen. Darunter befinden sich einige seltene Arten der Roten Liste wie etwa *Dicranum flagellare*, welches bei uns allerdings zuletzt 1862 gefunden wurde, *Harpanthus scutatus*, ein seltenes Lebermoos, welches in der ganzen Schweiz seit 1980 nur gerade fünf Mal gefunden wurde, oder das geschützte Koboldmoos *Buxbaumia viridis*, welches in Schaffhausen nur zwei Mal gefunden wurde. Dabei handelt es sich um eine besonders eigentümliche Art, da von ihr nur die Sporopyhten zu sehen sind (Abb. 7.8). Die extrem stark reduzierten, praktisch blattlosen Moospflänzchen sind kaum sichtbar.

Je nach Alter bzw. Verrottungszustand des Totholzes finden sich andere Arten. Es spielt sich also eine Abfolge oder Sukzession ab, die mit dem vollständigen Abbau des Holzes und dadurch dem Verschwinden der Totholzmoose endet. Bisher wurden in Schaffhausen 52 verschiedene Arten auf Totholz gefunden. Für ungefähr einen Drittel dieser Arten ist Totholz das Hauptsubstrat.

Abb. 7.7: *Dicranum viride*, ein in ganz Europa geschütztes Laubmoos, kommt auch in Schaffhausen vor. Man findet es selten auf alten Buchen.

Abb. 7.8: Das Koboldmoos *Buxbaumia viridis* ist in der Schweiz und der EU geschützt. Die Art ist ein typischer Totholzbewohner. Das einzige, was man von der Art allerdings sieht, sind die grossen, grünen Sporophyten. Die Moospflänzchen selbst sind stark reduziert und kaum sichtbar. In Schaffhausen wurden bisher nur an zwei Stellen Sporophyten auf morschen Fichtenstrünken gefunden.

Abb. 7.9: Auf dem Boden von Laubwäldern sind nur wenige grosse Moose zu finden. Diese können sich gegen die Laubstreu durchsetzen, so wie hier das Tamarisken-Thujamoos, *Thuidium tamariscinum*. Kleinere Arten werden unter dem Laub begraben.

Abb. 7.10: Wurzelteller bilden ein günstiges Habitat für kleine, kurzlebige Pioniermoose, die sich hier frei von Konkurrenz durch grössere Moose und Gefässpflanzen entwickeln können.

In den heutigen Wäldern liegt auf dem Waldboden meist sehr viel Laub. Nur einige wenige grosse Moose können sich gegen die Laubstreu durchsetzen (Abb. 7.9). Viel spannender sind deshalb Bereiche des Waldbodens, wo sich kein Laub ansammelt, wie Wegborde, die Basis von Bäumen oder Wurzelteller (Abb. 7.10). An diesen Standorten haben auch kleinwüchsige Moose eine Chance. Gerade diese Moose waren vermutlich im 19. Jahrhundert noch viel häufiger, als im Wald Laub zusammengerecht und als Streu oder Bettlaub verwendet wurde. Das heute stark gefährdete blattlose Koboldmoos *Buxbaumia aphylla* könnte ein Verlierer dieser veränderten Waldnutzung sein, da es auf lichtreiche, offenerdige Standorte angewiesen ist, wie man sie heute im Wald nur selten findet. Bis anfangs des 20. Jahrhunderts wurde diese Art noch regelmässig im Schweizer Mittelland gefunden, gerade auch in Schaffhausen (Abb. 7.11). Heute findet man sie nur noch im Alpenraum.

7.2.2 Wiesen und Weiden

Obwohl es auf den ersten Blick nicht offensichtlich ist, können auch Wiesen und Weiden eine beachtliche Zahl an Moosen aufweisen. Für intensiv genutzte Fettwiesen gilt dies allerdings nicht. Zu dicht stehen da die Gräser und Kräuter, so dass kaum Platz für Moose bleibt und nicht genug Licht bis auf den Boden vordringt. Ebenso sind intensiv genutzte Weiden für Moose wenig geeignet, da die Störungen durch Kuhtritte zu gross sind.

In den lockeren, lichtreichen Magerwiesen, die für den Randen so typisch sind,

kommt hingegen eine ganz charakteristische Moosflora vor. Vor allem grosse, teppichbildende Laubmoose wie *Entodon concinnus*, *Rhytidium rugosum* und *Abietinella abietina* sind häufig (Abb. 7.12). Interessanterweise bilden beide Arten kaum je Sporophyten aus. Auch verfügen sie über keinerlei spezielle Einrichtungen für die vegetative Vermehrung. Man nimmt an, dass sie bei uns nur über verschleppte Sprossteile verbreitet werden.

An etwas gestörten Stellen können in Magerwiesen auch kleinere, rasig wachsende Laubmoose, oft aus der Familie der Pottiaceae, vorkommen wie *Syntrichia ruralis*, *Tortula modica*, *Weissia longifolia* oder die gefährdete *Tortula lanceola*. Diese Arten sind konkurrenzschwach und treten nur dann auf, wenn die Konkurrenz der grösseren, teppichbildenden Moose zurückgedrängt wird. Selten kommen auch Lebermoose in Magerwiesen vor. Eine Besonderheit stellt das Vorkommen von *Riccia sorocarpa*, einem Sternlebermoos, in der Trockenwiese nördlich des Kaiserbucks in Herblingen dar

Abb. 7.11. Herbarbeleg von *Buxbaumia aphylla*, dem blattlosen Koboldmoos, gesammelt um 1900 von Jakob Frymann in der Nähe von Osterfingen. Die Art besteht praktisch nur aus den sehr grossen Sporophyten (z. B. oben links in der Abbildung), die Moospflänzchen selbst sind sehr klein. Die Menge der über 40 gesammelten Sporophyten ist erstaunlich, ist die Art doch heute sehr selten und wurde im Kanton Schaffhausen seit über 100 Jahren nicht mehr gefunden.

Abb. 7.12. Magerwiesen weisen eine charakteristische Moosflora auf. Meist herrschen teppichbildende Laubmoose wie *Rhytidium rugosum* (links) und *Abietinella abietina* (rechts) vor.

Abb. 7.13: *Riccia sorocarpa*, ein bei uns seltenes Sternlebermoos, in einer Magerwiese bei Herblingen. Solch kleine Arten können nur in extrem mageren und lückigen Wiesen vorkommen.

(Abb. 7.13). Sternlebermoose sind im Kanton Schaffhausen sehr selten und das Vorkommen bei Herblingen ist das einzig bekannte Vorkommen eines Sternlebermooses in einer Magerwiese bei uns.

7.2.3 Moore und Gewässer

Moore sind moosreiche Lebensräume, und zwar sowohl die Hoch- als auch die Flachmoore. Während Hochmoore ausschliesslich Regenwasser erhalten, stehen Flachmoore im Kontakt mit dem Grundwasser. Die Versorgung mit Mineral- und Nährstoffen ist in Flachmooren deshalb besser als in Hochmooren. Im Kanton Schaffhausen gab es nur ein Hochmoor, und zwar dort, wo heute der Engeweiher liegt. Ernst Kehlhofer beklagte schon 1915 die Zerstörung dieses Moores, des Engesumpfs. Er schrieb dazu in seiner «Pflanzengeographie des Kantons Schaffhausen» Folgendes: «*Hochmoore fehlen unserem Gebiet vollständig. Ein kleines existierte bis vor kurzem: der Engesumpf. Es ist der*

modernen Technik zum Opfer gefallen. An seiner Stelle befindet sich heute der Stauweiher des städtischen Elektrizitätswerkes. Man hatte ihn gerade hierher verlegt, weil man sich der Hoffnung hingab, die Lehmunterlage des Sumpfes werde genügen, um den Weiher auszudichten. Es zeigte sich in der Folge, dass dies nicht der Fall war. Umsomehr ist es zu bedauern, dass dieses Naturdenkmal vernichtet worden ist. Seiner für unser Gebiet unersetzlichen Eigenart wegen hätte es unbedingt geschont werden müssen.»

Es ist nicht dokumentiert, welche Moose im Engesumpf vorkamen. Kehlhofer bezeichnete den Engesumpf aber als «Sphagnetum» und nannte eine Reihe von typischen Gefässpflanzen, die dort vorkamen, wie z. B. *Eriophorum vaginatum*, *Carex canescens* und *Utricularia minor*. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass auch die typischen Moose der Torfmoore vertreten waren. Dazu gehören neben den Torfmoosen (Gattung *Sphagnum*) noch eine Reihe weiterer seltener Laub- und Lebermoosarten. Wahrscheinlich könnten bei einer gründlichen Suche im Herbar der Universität und ETH Zürich noch einige Moosbelege aus dem Engesumpf vor dessen Zerstörung gefunden werden. Südlich des Engeweihers im Wald überdauerte allerdings ein kleiner Sumpf, der sogenannte *Kleine Engesumpf*. Georg Kummer erwähnt in seiner Flora des Rheinfallgebiets 1934 Torfmoos-Vorkommen im Kleinen Engesumpf. Auch Karl Isler-Hübscher erwähnt von dort noch das Vorkommen von Torfmoos. Irgendwann in den letzten drei Jahrzehnten muss dieses Vorkommen erloschen sein. Heute präsentiert sich der Kleine Engesumpf als eintöniges Grossseggenried, das von *Carex vesicaria* dominiert und von Brombeeren bedrängt wird. Am Rande findet sich noch etwas Helmkraut *Scutellaria galericulata*, welches auch bereits Kummer 1933 erwähnt. Von Torfmoosen fehlt jede Spur.

Torfmoose kommen heute im Kanton aber noch an mindestens zwei Stellen mit insgesamt vier Arten vor, nämlich im Wösterholz bei Schleitheim und im Gebiet Güllen nördlich von Rüdlingen (siehe Kapitel 7.4). Da alle Torfmoose schweizweit geschützt sind, ist bei der Waldbewirtschaftung in diesen Gebieten entsprechend vorsichtig vorzugehen.

Im Gegensatz zu den Hochmooren ähneln Flachmoore in ihrem Erscheinungsbild oft eher Wiesen als Mooren. Erst wenn man sie betritt, nimmt man wahr, dass es sich um feuchte Lebensräume handelt. Die Moosschicht ist in Flachmooren meist gut entwickelt, vor allem in den nährstoffarmen Kleinseggenrieden. Im Kanton Schaffhausen sind Flachmoore selten und viele wurden durch Entwässerung und Düngung zerstört, wie bereits im letzten Band der Flora von Kummer 1945 nachzulesen ist. Ein besonders

schönes und artenreiches Flachmoor ist das *Moos* bei Ramsen, ein typisches kalkreiches Kleinseggenried mit vielen seltenen Arten. Für eine Reihe von Moosarten wie *Scorpidium cossonii* (Abb. 7.14) oder das schöne goldgelbe *Tomentypnum nitens* ist dies der einzige bekannte Schaffhauser Fundort.

Abb. 7.14: *Scorpidium cossonii*, ein typisches Moos kalkreicher Flachmoore. Die Art wurde bisher im Kanton Schaffhausen nur im Moos bei Ramsen gefunden.

Abb. 7.15: Nur wenige Moose wachsen untergetaucht im Wasser: Flutende Rasen von *Fontinalis antipyretica* sowie trocken gefallene Sprösschen auf den Uferblöcken. *Fontinalis antipyretica* kommt in Schaffhauser Bächen, z. B. in der Durach, und an verschiedenen Stellen im Rhein vor.

Obwohl Moose an feuchten Standorten oft üppig entwickelt und mit vielen Arten vertreten sind, nimmt ihre Artenzahl stark ab, wenn es zu nass wird. Nur wenige Arten wachsen unter Wasser in Bächen und Flüssen. Bei uns in vielen Bächen und auch im Rhein häufig ist das Wassermoos *Fontinalis antipyretica* (Abb. 7.15). Es bildet im Wasser flutende Stängel, die mehrere Dezimeter Länge erreichen können, und ist typisch für langsam fliessende, eher nährstoffreiche Gewässer. Der Name soll sich übrigens auf einen alten Aberglauben beziehen, welcher dem Wassermoos feuerhemmende Wirkung nachsagt.

Besonders auffällig sind Wassermoose am Rheinfall bei tiefem Wasserstand. Insbesondere eine Art, *Cinclidotus danubicus*, bildet dort dichte Teppiche, die bei Niedrigwasser gut sichtbar sind (Abb. 7.16). Bei Normalwasserstand sind die *Cinclidotus*-Teppiche überflutet. Die Art haftet mit ihren Rhizoiden fest an den Felsen, so dass sie von der sehr starken Strömung nicht mitgerissen wird. Die Kraft der Strömung ist nur an älteren Blättern ersichtlich. Diese sind oft bis auf die stabile, mehrschichtige Mittelrippe vollständig abrasiert. Neben dieser recht häufi-

Abb. 7:16: Der Rheinfall bei einem Abfluss von knapp 150 m^3/s (links) und bei ca. 900 m^3/s (rechts). Bei Niedrigwasser sind die sonst überspülten Moose, v.a. *Cinclidotus danubicus*, auf den Felsen gut zu sehen.

gen Art kommen aber auch weitere Arten auf den Felsen des Rheinfalls vor, darunter einige Seltenheiten wie das bedrohte *Bryum gemmiparum*.

7.2.4 Äcker und Weinberge

Äcker können eine sehr spezifische, recht artenreiche Moosflora aufweisen. Allerdings nur, wenn sie nach der Ernte im Spätsommer nicht sofort umgebrochen und mit einer Gründüngung bepflanzt werden. Besonders Getreidestoppelfelder weisen im Herbst eine schöne Moosflora auf (Abb. 7.17). Leider sind Stoppelfelder kaum mehr zu sehen, denn seit die neuen Bodenschutzrichtlinien 2005 im Rahmen des ökologischen Leistungsnachweises in Kraft getreten sind, müssen abgeerntete Äcker mit Winterkultur, Gründüngung oder Zwischenfutter bepflanzt werden. Als Grund für diese Vorschrift wird Erosionsschutz angeführt. In England hingegen gelten auch Stoppelfelder als Erosionsschutz. Leider hat die rasche Wiederbepflanzung der Stoppelfelder stark negative Auswirkungen auf die Ackermoose, die sich so nicht mehr entwickeln können.

Abb. 7.17: Getreidestoppelfelder bilden das wichtigste Habitat für Ackermoose. Allerdings müssten die Stoppelfelder bis mindestens Ende Oktober oder Mitte November bestehen bleiben, damit die Ackermoose genügend Zeit haben, sich fortzupflanzen.

Abb. 7.18: *Tortula truncata*, ein typisches kurzlebiges und rasig wachsendes Ackermoos mit fast reifen Sporophyten.

Ackermoose sind typischerweise kleine, rasig wachsende, kurzlebige Arten (Abb. 7.18). Ihre Entwicklung beginnt im Spätsommer und wird durch nasse Witterung begünstigt. Bis im Oktober/November entwickeln sie entweder Sporen oder asexuelle Verbreitungseinheiten wie Gemmen (Abb. 2.27). Wird das Stoppelfeld umgebrochen, sterben zwar die Moospflänzchen ab, Sporen und Gemmen können aber im Boden überdauern und im nächsten Spätsommer wiederum auskeimen.

Es ist wenig darüber bekannt, wie lange diese Verbreitungseinheiten im Boden überleben können. Bei Hornmoosen konnte gezeigt werden, dass ihre Sporen mindestens drei Jahre überdauern können. Möglicherweise bleiben Moossporen aber während sehr viel längerer Zeit im Boden keimfähig, wie das folgende Beispiel aus der Rheinland-Pfalz südlich von Bonn zeigt: Nach der Verbreiterung einer Waldstrasse wurden dort an den neu entstanden Böschungen sehr seltene Ackermoose gefunden, die in der Umgebung fehlen. Da an der Stelle des Waldes hundert Jahre früher ein Weinberg stand, stammten die Moose vermutlich aus Sporen, die im Boden überdauert hatten.

Viele Ackermoose bilden sehr grosse Sporen aus (0.5 mm). Zudem sind die Stiele der Sporophyten der meisten Arten kurz, die Kapseln mit den Sporen werden also nicht weit emporgehoben. Bei den Sternlebermoosen entwickelt sich der Sporophyt sogar innerhalb des Thallus, also praktisch auf der Erdoberfläche. Die Sporen werden erst frei, wenn sich der Thallus zersetzt. Bei einigen Ackerlaubmoosen löst sich der Deckel nicht von der Kapsel und die Sporen werden erst frei, wenn sich die Kapsel langsam zersetzt. Dies sind alles Einrichtungen, die darauf ausgerichtet sind, die Sporen möglichst am Ort zu behalten. Dies ist sinnvoll, da das Habitat ja nur kurzfristig ungeeignet ist, im Spätsommer aber wieder gute Bedingungen bietet. Moose, die mit ihren Sporen am Ort überdauert haben, sind rechtzeitig zur Stelle, sobald die Keimbedingungen wieder gegeben sind.

Am geeignetsten für die Entwicklung von Ackermoosen sind schwere, lehmige Böden. Diese fehlen in Schaffhausen weitgehend. Zusammen mit den

eher geringen Niederschlägen mag dies der Grund dafür sein, wieso bisher keine Hornmoose im Kanton Schaffhausen gefunden wurden und Sternlebermoose sehr selten sind. Für beide Gruppen gehören Stoppelfelder im Schweizer Mittelland zum Hauptlebensraum.

Ganz ähnliche Bedingungen wie in Stoppelfeldern herrschen teilweise in Weinbergen. Auch hier finden kleine, kurzlebige Moose geeignete Bedingungen, da Gefässpflanzen zurückgedrängt werden. Die Tendenz zu begrünten Rebbergen dürfte allerdings für die typischen Moose der offenerdigen Standorte eher negative Folgen haben. Moose können sogar von gewissen Herbiziden profitieren, da diese die Konkurrenz durch die Gefässpflanzen verringern, die Moose aber nur wenig schädigen. Bei einer Untersuchung in Deutschland konnte gezeigt werden, dass in Weinbergen, in denen Herbizide eingesetzt werden, deutlich mehr Moose der Roten Liste vorkommen als in unbehandelten Weinbergen. Auch bei uns wurden schon Arten der Roten

Abb. 7.19: Alte Rebstöcke weisen häufig einen dichten Moosbewuchs auf. *Orthotrichum*-Arten sind oft vorherrschend. Hier im Bild ein Rebstock bei Hallau mit dominierendem *Orthotrichum diaphanum* (mit Glashaaren und Spropohyten) und etwas *Orthotrichum obtusifolium* (ungefähr in der Bildmitte, ohne Glashaare und etwas kleiner).

Liste in Weinbergen gefunden wie z. B. das gefährdete *Bryum ruderale*. Allerdings sind nach Herbizideinsätzen auch schon Wuchsanomalien bei Moosen festgestellt worden. Insgesamt ist wenig bekannt über die Auswirkungen von Herbiziden auf Moose.

Nicht nur Bodenmoose, sondern auch eine Reihe von Epiphyten finden geeignete Bedingungen in Weinbergen. Alte Rebstöcke sind oft dicht bewachsen mit Arten der Gattung *Orthotrichum* (Abb. 7.19), darunter gefährdete Arten wie *Orthotrichum tenellum*.

Die Schaffhauser Weinberge sind in Bezug auf ihre Moosflora bisher nur wenig untersucht. Es ist deshalb schwierig, allgemein gültige Aussagen zu ihrer Moosflora zu machen. Es würde sich daher lohnen, die Moosflora der Weinberge Schaffhausens genauer zu untersuchen, ebenso wie die alten Weinbergmauern, falls man solche noch findet.

Abb. 7.20: Kalkfelsen im Buchenwald, wie hier unterhalb der *Underi Psetzi* im Herblingertal, sind oft üppig mit Moosen bewachsen. Dabei sind grosse, konkurrenzstarke Moose wie *Thamnobryum alopecurum* oder *Neckera crispa* vorherrschend.

7.2.5 Felsen

Felsen sind aus bryologischer Sicht sehr spannende Objekte, da sie eine reiche Moosflora aufweisen können, wobei sich kalkreiche und kalkarme Felsen in ihrer Moosflora deutlich unterscheiden. Die meisten Felsen in Schaffhausen sind kalkreich: Malmkalke herrschen vor, teilweise sind auch Muschelkalke zu finden, und gegen Osterfingen und Thayngen tritt auch kalkreiche Deckenschotter-Nagelfluh auf. Kalkarme Findlinge, also erratische Blöcke, die in Kalkgebieten für Moose sehr interessant sein können, sind in Schaffhausen hinsichtlich ihrer Moosflora kaum untersucht. Die bisher erfolgten zufälligen Aufsammlungen belegen immerhin Vorkommen der beiden Säurezeiger *Paraleucobryum longifolium* (Abb. 3.16) und *Grimmia hartmanii* – für ein Kalkgebiet durchaus bemerkenswerte Arten.

Auf kalkhaltigen Felsen im Kanton Schaffhausen wurden bisher über 100 verschiedene Moosarten gefunden. Nicht alle sind allerdings eigentliche Felsbewohner, ein Teil der Arten besiedelt auch andere Substrate wie Erde oder die Borke von Bäumen.

Je nach Exposition, Beschattung und Luftfeuchtigkeit variiert die Moosflora der Felsen erheblich. Schattige Felsen in Wäldern sind oft überdeckt von einer üppigen Moosflora grosser Laubmoose (Abb. 7.20) wie *Thamnobryum alopecurum*, *Neckera crispa*, *Cirriphyllum crassinervum* oder *Anomodon viticulosus* sowie der Lebermoose *Porella platyphylla* aggr. und der gefährdeten *Porella arboris-vitae*. An lichtreichen Stellen kommen unter anderem *Homalothecium lutescens* und *Ctenidium molluscum* hinzu. An sonnenexponierten Felsen können auch Polstermoose wie verschiedene *Schistidium*-Arten oder *Grimmia pulvinata* und *Tortula muralis* vorkommen.

Abb. 7.21: Kalkschutt in Buchenwäldern des Randens ist häufig mit dem kleinen, reichlich fruchtenden *Homomallium incurvatum* bewachsen.

Besonders interessant sind Felsen luftfeuchter Lagen, wie sie z. B. im Schärersgraben oder Lochgraben nordwestlich von Hallau Richtung Wutach zu finden sind. Zwar dominieren auch hier wenige grosse Moose, doch es können sich auch kleinere Moose ansiedeln. Die nur wenige Millimeter grossen Zwergmoose (Gattung *Seligeria*) oder das kaum grössere *Fissidens gracilifolius* besiedeln beispielsweise offene Felsstellen zwischen grösseren Arten. Auch kleine Lebermoose wie *Leiocolea collaris* oder *Jungermannia atrovirens* können hier vorkommen. Selten findet man auch die schöne *Apometzgeria pubescens*, die leicht an ihrem behaarten Thallus zu erkennen ist und oft über andere Moose hinweg wächst (Abb. 2.12).

Eine eigentümliche Ökologie hat *Homomallium incurvatum* (Abb. 7.21). Diese Art findet sich oft reichlich fruchtend auf Kalksteinschutt in eher trockenen Wäldern. Auf grösseren Kalkfelsen findet man sie kaum.

Wertvolle Mooshabitate bildet auch sonnenexponierte, kalkhaltige Deckenschotter-Nagelfluh, wie sie in Kiesgruben im Klettgau zu finden ist

Abb. 7.22: Links: Deckenschotter-Nagelfluh in der ehemaligen Kiesgrube zwischen Neunkirch und Guntmadingen im Klettgau. Rechts: Auf der Nagelfluh sind seltene, wärmeliebende Moose wie z. B. *Grimmia orbicularis* zu finden.

(Abb. 7.22). Die wärmeliebenden Arten *Aloina rigida* und *Grimmia orbicularis* wurden hier gefunden. Für *Aloina rigida* ist dies der einzige bekannte Fundort im Kanton.

7.2.6 Urbane Gebiete

Moose fallen in urbanen Gebieten kaum auf, ausser vielleicht dem reinlichkeitsliebenden Hausbesitzer, der gegen Moose zwischen Gartenplatten und im Rasen kämpft. Geht man allerdings nach einem Sturm durch die Schaffhauser Altstadt, so fallen einem die vielen Moospolster auf, die der Wind von den Dächern geweht hat.

Abb. 7.23: Moose wachsen auch in städtischen Gebieten an vielen Orten, wie z. B. auf diesem Betonschornstein.

Städte und Agglomerationen können überraschend artenreich sein. Moose findet man in schattigen Innenhöfen, auf sonnigen Dächern, auf Betonmauern, in Ritzen zwischen Kopfsteinpflaster, in Pärken mit ihren Bäumen, Wiesen und Blumenbeeten; ja selbst alte Teerflächen und Schornsteine (Abb. 7.23) werden durch Moose besiedelt. Es gibt kaum Orte ohne Moose! Aufgrund dieser vielen unterschiedlichen Kleinlebensräume mit ihrer unterschiedlichen

Exposition und Beschattung und den unterschiedlichsten Substraten kann die Moosartenvielfalt in Städten hoch sein, wie man das auch von den Gefässpflanzen kennt.

Allein aus der Stadt Schaffhausen sind bislang fast 40 Moosarten belegt, darunter auch überraschende Vorkommen wie das Sternlebermoos *Riccia glauca* zwischen Kopfsteinpflaster auf dem Platz oder die ausserhalb des Alpenraums seltene *Grimmia ovalis* auf einem Ziegeldach an der Webergasse. Mit einer intensiveren bryofloristischen Untersuchung könnte die Artenzahl für die Stadt Schaffhausen wohl leicht verdoppelt werden.

Ein fast allgegenwärtiges, kosmopolitisches Moos in urbanen Gebieten ist *Bryum argenteum* (Abb. 7.24), welches vor allem Pflasterritzen besiedelt. Auch die verwandte Art *Bryum bicolor* ist häufig an den gleichen Stellen zu finden. Beide Arten bilden in den Blattachseln kleine, stark reduzierte und leicht abbrechende Ästchen aus, die der vegetativen Vermehrung dienen. Diese werden bei Regen leicht fortgeschwemmt und können neue Ritzen besiedeln. Wahrscheinlich trägt auch die Strassenreinigung zur Verbreitung dieser Arten in der Stadt bei.

Die Ziegeldächer und Betonmauern bieten vielen Felsmoosen wie *Grimmia pulvinata* oder *Tortula muralis* einen Lebensraum (Abb. 7.25). Diese Arten sind deshalb gerade in urbanen Gebieten häufig zu finden. Auf das Reinigen von Mauern mit Hochdruckreinigern sollte wenn immer möglich verzichtet werden. Moose auf Mauern führen zu keinerlei Schäden. Alte handgestrichene Lehmziegel mit ihrer rauen Oberfläche er-

Abb. 7.24: *Bryum argenteum*, das Silberbirnmoos, ist in urbanen Gebieten wahrscheinlich die häufigste Moosart. Sie kommt vor allem in Pflasterritzen vor.

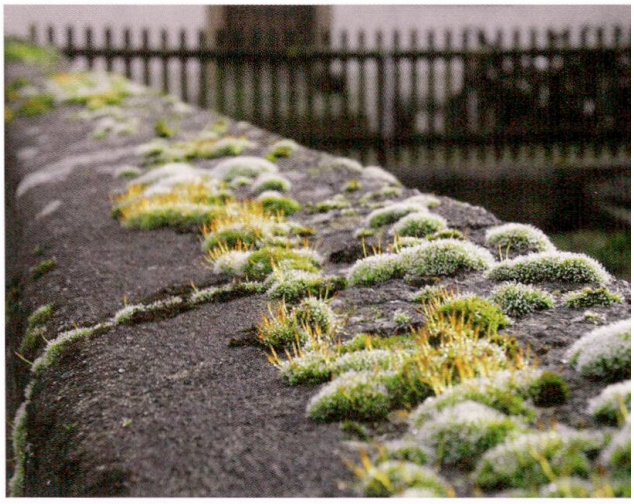


Abb. 7.25: Alte Betonmauern bilden ein gutes Ersatzhabitat für eine Reihe von Felsmoosen wie *Grimmia pulvinata* (gräuliche Polster ohne auffällige Sporophyten) und *Tortula muralis* (gräuliche Polster mit deutlichen Sporophyten).

weisen sich als deutlich günstiger für Moose als neuere Industrieziegel. Bei Dacherneuerungen sollten deshalb wenn immer möglich die alten Ziegel wieder verwendet werden. Moose auf Ziegeln sind übrigens in den meisten Fällen kein Problem, ausser vielleicht bei allzu üppiger Entwicklung in schattigen Lagen. Dann besteht durchaus die Möglichkeit, dass sich Gefässpflanzen auf Humusanreicherungen und auf Moosen ansiedeln und mit ihren Wurzeln Ziegel anheben können.

7.3 Gefährdung und Schutz von Moosen in Schaffhausen

40 der im Kanton Schaffhausen vorkommenden Moosarten sind auf der Roten Liste der Schweiz als vom Aussterben bedroht, stark gefährdet, gefährdet oder potentiell gefährdet aufgeführt. Gemäss der vom Bundesamt für Umwelt publizierten Liste der prioritären Arten gelten 30 dieser Arten als für den Naturschutz prioritär. Acht dieser Arten, nämlich *Acaulon muticum*, *Buxbaumia aphylla*, *Bryum funckii*, *Dicranum flagellare*, *Hygroamblystegium fluviatile*, *Polytrichum nanum*, *Pterygoneurum ovatum* und *Weissia rutilans*, wurden allerdings seit über 100 Jahren im Kanton Schaffhausen nicht mehr gefunden. Ob diese Arten noch vorkommen, ist deshalb ungewiss. Die übrigen Arten wurden zwar in den letzten 25 Jahren je mindestens einmal im Kanton Schaffhausen gefunden, doch sind von den meisten weniger als drei aktuelle Fundorte bekannt. Die Arten der Roten Liste bzw. die prioritären Arten sind also fast durchwegs sehr selten. Alle prioritären Moosarten sind in Kapitel 8 aufgeführt und besonders gekennzeichnet.

Auch geschützte Arten gemäss Natur- und Heimatschutzverordnung kommen in Schaffhausen vor, nämlich das Weissmoos *Leucobryum glaucum*, vier Arten aus der gesamthaft geschützten Gattung *Sphagnum* (Torfmoose), das Koboldmoos *Buxbaumia viridis* und *Dicranum viride*. Alle diese geschützten Arten kommen bei uns in Wäldern vor. Die Waldbewirtschafter haben deshalb eine besondere Verantwortung für den langfristigen Erhalt dieser Arten.

Neben diesen schweizweit seltenen, gefährdeten und geschützten Arten gibt es eine Reihe von Moosen, die für Schaffhausen speziell sind, weil sie hier isolierte Vorkommen besitzen wie zum Beispiel die in Kalkgebieten nicht unbedingt zu erwartenden *Bartramia ithyphylla* am Fusse des Hasenbergs bei Neunkirch oder das für saure Moore typische *Polytrichum commune* bei Rüdlingen. Daneben gibt es aber auch typische Kalkarten, die selten sind und auf die Rücksicht genommen werden sollte, wie zum Beispiel *Timmia bavarica* oder die erst kürzlich entdeckten *Rhynchostegiella teneriffae* und *Seligeria cam-*

pylopoda an der Flüelihalde. Von *S. campylopoda* ist dies der einzige aktuelle Fundort schweizweit (Kapitel 7.4).

Auch wenn diese Arten in der Schweiz nicht speziell geschützt sind und auch nicht auf der Roten Liste stehen, sind sie für den Kanton Schaffhausen dennoch von Bedeutung und tragen zu seiner Vielfalt und Einzigartigkeit bei. Oft kann schon ohne grossen Aufwand viel zum Schutz der Moose erreicht werden. In folgender Liste sind einige Habitate aufgeführt, auf die besonders Rücksicht genommen werden muss oder die gefördert werden sollten.

- **Alte Bäume** sind für viele Organismen ein wichtiges Habitat, auch für Moose. Es sollte darauf geachtet werden, dass bei Waldschlägen und Durchforstungen eine bestimmte Anzahl alter Bäume stehen gelassen wird. Damit können Altholzspezialisten gefördert werden wie z. B. das auf alten Buchen vorkommende europaweit geschützte *Dicranum viride*. Da sich diese Art bei uns ausschliessliche mittels abbrechender Blattspitzen vermehrt, die viel weniger weit transportiert werden als Sporen, ist bei der Waldbewirtschaftung darauf zu achten, dass immer einige alte, bereits von *D. viride* besiedelte Bäume als Quellen für die Ausbreitung erhalten bleiben.
- **Totholz** ist für Moose ein wichtiges Substrat. Verschiedene sehr seltene Arten können auf Totholz gefunden werden, wie die in ganz Europa geschützte *Buxbaumia viridis*. Es ist deshalb wichtig, dass der Totholzanteil in unseren Wäldern genügend gross ist. Besonders wertvoll ist Totholz für Moose in eher feuchten Lagen. Da auch diese Moose ausbreitungslimitiert sein können, dürfen Totholzinseln nicht zu weit voneinander entfernt liegen, da sie sonst nicht besiedelt werden können.
- **Moore und andere Feuchtgebiete** können viele seltene Moosarten aufweisen. Die verbliebenen Feuchtgebiete in Schaffhausen sind auch aus der Sicht des Moosschutzes sehr wertvoll. Es gilt den verbliebenen Flachmooren im Kanton besonders Sorge zu tragen.
- **Felsen und Felsfluren** sind für viele Moosarten, darunter seltene Arten, ein wichtiges Habitat. Eine gewisse Gefahr für diese Standorte besteht bei baulichen Massnahmen wie Wegverbreiterungen oder durch forstwirtschaftliche Eingriffe, die die Standortbedingungen auf Felsen, vor allem die Beschattung, im Wald verändern. Das Putzen von Felsen für Kletterrouten kann lokal Auswirkungen haben. Beeinträchtigungen von Felsstandorten durch forstliche Massnahmen oder durch das Einrichten von Kletterrouten sollten deshalb mit Moosspezialisten abgesprochen sein.
- **Findlinge** aus kalkarmem Gestein weisen oft eine interessante Moosflora aus Säurezeigern auf, die sonst nur in den Alpen oder im Schwarzwald

gefunden wird (z. B. *Grauer Stein* im Südranden). Bei allen Arbeiten an Findlingen (z. B. reinigen, freistellen) müssen Moosspezialisten beigezogen werden, damit nicht unabsichtlich interessante Moosvorkommen zerstört werden.

- **Nährstoffarme Wiesen, Weiden und Borde** sind ein wichtiges Habitat für eine Reihe spezieller Moose. Für das Vorkommen von Moosen in Magerwiesen ist eine regelmässige Bewirtschaftung wichtig. Dies kann eine extensive Beweidung sein oder jährliche Mahd. Bei Mahd ist es wichtig, dass das Schnittgut abgeführt wird. Bleibt es liegen oder wird die Wiese gar nicht geschnitten, bildet sich rasch eine dicke Streuschicht, die die Moose unter sich begräbt. Gerade die kleinen Arten verschwinden dann schnell, da sie zu wenig Licht erhalten. Neben einer jährlichen Mahd ist auch extensive Beweidung geeignet, die Moose in Wiesen und Weiden zu erhalten und zu fördern. Gerade durch Beweidung können kleinflächig offenerdige Standorte entstehen, die alsbald durch kurzlebige Moose besiedelt werden.
- **Alte Mauern** wie z. B. im oberen Teil der Stokarbergstrasse in Schaffhausen – welche übrigens schon in der Rheinfallflora von Kummer 1934 beschrieben wird – weisen oft eine reiche Moosflora auf. Das Reinigen von Mauern mit Hochdruckreinigern sollte unterlassen werden.
- **Alte Kiesgruben** sind oft eigentliche Hotspots für Moosarten, die in der weiteren Umgebung fehlen. Darunter hat es wärme- und trockenheitsliebende Arten, aber auch kurzlebige Arten, die am Rande austrocknender Tümpel vorkommen.
- **Stoppelfelder** sind für eine Reihe hochspezialisierter Moose ein wichtiges Habitat, insbesondere auf eher schweren Böden (eher im Ostteil des Kantons). Leider sind Stoppelfelder heute kaum mehr zu sehen. Einfache Fördermassnahmen könnten den seltenen Ackermoosen helfen: Ökologische Ausgleichflächen wie Buntbrachen und Rotationsbrachen bieten teilweise einen Ersatzlebensraum für die bedrohten Ackermoose. Allerdings sind diese Elemente viel zu selten in der Landschaft vertreten, als dass sie die Stoppelfelder ersetzen könnten. Auch das Stehenlassen von Stoppelstreifen am Feldrand könnte eine wirksame Massnahme für den Schutz der Ackermoose sein.
- **Alte Hohlwege in Wäldern** weisen an steilen Wänden und an ihren Oberkanten oft eine vielfältige Moosflora auf (sehr schön z. B. am Wolkensteinerberg ausgebildet). Hohlwege sollten deshalb erhalten bleiben und nur sanft erneuert werden.

7.4 Für Moose besonders wertvolle Gebiete im Kanton Schaffhausen

Im Folgenden sind einige für die Moose im Kanton Schaffhausen besonders wertvolle Gebiete beschrieben. Sie alle beherbergen seltene oder geschützte Arten oder zeichnen sich durch einen besonderen Reichtum an Moosen aus. Ein Teil dieser Gebiete ist bereits geschützt, wie z. B. das Färberwiesli oder das Moos bei Ramsen. Da die Erforschung der Moosflora des Kantons Schaffhausen nicht abgeschlossen ist, ist auch diese Liste weder vollständig noch abschliessend.

- **Nordwestabhang Hallauerberg mit Lochgraben, Essitalergraben und Schärersgraben:** Dies ist ein sehr artenreiches Gebiet mit vielen in Schaffhausen seltenen Arten. Vor allem die luftfeuchten Tobel weisen auf Felsen und Bäumen viele Besonderheiten auf, die sonst kaum in Schaffhausen vorkommen wie *Lejeunea cavifolia*, *Microlejeunea ulicina*, *Neckera pumila*, *Metzgeria violacea* und *Trichocolea tomentella*.
- **Flüelihalde bis Seldenhalde zusammen mit den Auenwäldern entlang der Wutach:** Die steilen, nach Nordwesten abfallenden Halden mit ihren Wäldern und Felsen, die luftfeuchten Tobel sowie die Auenwälder entlang der Wutach weisen eine sehr artenreiche Moosflora auf (Abb. 7.26). Viele seltene Arten sind hier zu finden wie z. B. *Calypogeia suecica*, *Fissidens gracilifolius*, *Porella arboris-vitae*, *Rhynchostegiella teneriffae* oder *Seligeria campylopoda*. Letztere Art wurde erst kürzlich im Graben am nördlichen Ende der Flüelihalde entdeckt. Es ist dies erst der zweite Fund dieser Art schweizweit und der erste seit 1923.

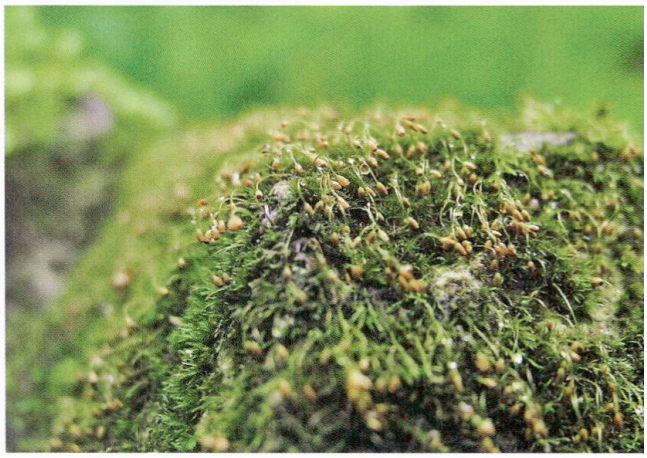


Abb. 7.26: Links: Luftfeuchtes Tobel am Ende der Flüelihalde. In Schaffhausen konnten bis jetzt nur hier die seltenen Moose *Rhynchostegiella teneriffae* und *Seligeria campylopoda* gefunden werden. Von Letzterer ist dies sogar der einzige aktuelle Fundort schweizweit. Rechts: Habitus von *Seligeria campylopoda*. Die Pflänzchen mit ihren gekrümmten Sporophyten sind nur wenige Millimeter hoch.

Abb. 7.27: Oben: Erlenbruchwald im Wösterholz bei Schleitheim. Mitte: Anschliessender Fichtenwald mit Entwässerungsgräben. Unten: *Sphagnum palustre*, eine von vier Torfmoosarten, die im Wösterholz vorkommen.

- **Wösterholz bei Schleitheim:** Hier handelt es sich um einen Erlenbruchwald, der teilweise entwässert und mit Fichten bepflanzt wurde (Abb. 7.27). Erstaunlicherweise kommen hier vier Torfmoosarten vor (*Sphagnum centrale*, *S. palustre*, *S. quinquefarium*, *S. russowii*). Dieses Habitat ist für Schaffhausen heute einmalig.
- **Steimüri oberhalb des Wangentals:** Das Gebiet Steimüri ist vor allem für die Vorkommen seltener Blütenpflanzen wie *Rhamnus saxatilis* oder *Dictamnus albus* bekannt. Hier befinden sich allerdings auch die einzigen bekannten Schaffhauser Vorkommen von *Scapania aspera* und *Frullania tamarisci*. Die Felsen weisen eine besonders schöne und üppige Kalkfelsmoosflora auf (Abb. 7.28).
- **Hasenberg südlich Neunkirch:** Die Deckenschotter der Mindel-Eiszeit weisen eine für neutrale bis saure Böden typische Moosflora auf. Viele für Schaffhausen spezielle Moose kommen hier vor wie *Bartramia ithyphylla*, *Fissidens exilis*, *Polytrichum aloides* oder das stark gefährdete *Ditrichum pusillum*.
- **Alte Kiesgrube beim Schmerlet zwischen Neunkirch und Guntmadingen:** Dies ist der einzige bekannte Schaffhauser Fundort der potenziell gefährdeten *Aloina rigida* und einer der beiden Fundorte der wärmeliebenden *Grimmia orbicularis*, welche in der Schweiz vor allem im Wallis, um den Genfersee und entlang des Jurasüdfusses vorkommt. Ausserhalb dieser Gebiete ist die Art selten. Weiter befindet sich hier der einzige be-

kannte Schaffhauser Fundort von *Distichium capillaceum*; die Art ist bemerkenswert, weil sie normalerweise in deutlich höheren Lagen wächst.

Abb. 7.28: Steimüri oberhalb des Wangentals mit üppiger Kalkmoosflora mit den dominierenden Laubmoosen *Neckera crispa* und *Ctenidium molluscum*.

- **Oberhalb Tüfels-Chuchi bei Beringen und Färberwiesli:** Über der Tüfels-Chuchi sind ähnlich wie am Geissberg saure Deckenschotter zu finden, allerdings aus der Riss-Eiszeit. Das Färberwiesli liegt im Bohnerzton. Auf dem sauren Deckenschotter ist *Leucobryum glaucum* zu finden, neben dem Geissberg der einzige Ort mit dieser Art im Kanton Schaffhausen. Daneben kommen eine Reihe weiterer bei uns seltener Säurezeiger vor wie z. B. *Diphyscium foliosum*, *Pohlia nutans*, *Polytrichum aloides* und *Pleuridium acuminatum*. Im Färberwiesli, einem Amphibienlaichgebiet von nationaler Bedeutung, liegen die einzigen bekannten Schaffhauser Fundorte der stark gefährdeten *Philonotis marchica* und des im Mittelland seltenen *Polytrichum urnigerum*.
- **Rheinfall:** Die Moosflora des Rheinfalls zog schon um 1850 die ersten Bryologen an. In den 1930er Jahren wurde die Moosflora dann von Otto Jaag, einem späteren ETH-Professor, gründlich studiert. Er unternahm über 30 Exkursionen an den Rheinfall und studierte dort nicht nur die Moose, sondern auch die Algen, Pilze und Flechten. Seine Arbeit zur Kryptogamenflora des Rheinfalls wurde 1938 in den Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen publiziert. Im Januar 2006, bei einem ausserordentlichen Niedrigwasser, nutzten einige Moosforscher die Gelegenheit, die Moosflora des Rheinfalls neu zu untersuchen. Später, im Herbst 2011, wurde am Rheinfall das verschollene und stark gefährdete *Fissidens grandifrons* wiedergefunden. Am Rheinfall befinden sich auch die einzigen Schaffhauser Standorte des vom Aussterben bedrohten *Bryum gemmiparum*, des stark gefährdeten *Fissidens rufulus* und von *Hymenostylium recurvirostre* var. *cataractum*. Letztere wurde allerdings zuletzt von Jaag in den 1930er Jahren gefunden und es ist nicht bekannt, ob die Art heute noch am Rheinfall vorkommt. Alle baulichen Veränderungen am Rheinfall sowie forstliche Massnahmen sollten in Zukunft vorgängig mit Moosspezialisten abgeklärt werden.

- **Gesamter Westabhang des Geissbergs bis hinunter zur Durach:** Die Malmkalke des Geissbergs sind überlagert mit Deckenschotter der Mindeleiszeit, teilweise auch mit Moränen der Würmeiszeit. Da der Deckenschotter leicht sauer reagiert, finden sich hier einige im Kanton Schaffhausen sehr seltene Säurezeiger, z. B. das geschützte *Leucobryum glaucum*, *Diphyscium foliosum*, *Scapania nemorea* oder *Ditrichum pallidum*. Letzteres gilt gemäss Roter Liste der Schweiz als stark gefährdet. Die Malmkalke am Westabhang tragen die typische Moosflora der Kalkfelsen, gegen die Durach kommen Arten vor, die höhere Luftfeuchtigkeit anzeigen. Vor gut 100 Jahren wurde hier noch die potentiell gefährdete *Frullania tamarisci* gefunden. Insgesamt ist der Westabhang des Geissbergs deshalb ein sehr artenreiches Gebiet mit vielen seltenen Moosarten.
- **Unterholz, Stritholz und Schlossholz bei Herblingen:** Dieses Gebiet zeichnet sich durch eine grosse Moosvielfalt aus, darunter Arten der Roten Liste wie z. B. *Porella arboris-vitae* und *Harpanthus scutatus*. Eine Reihe von Arten wurde in Schaffhausen bisher nur hier gefunden, z. B. *Bartramia pomiformis* oder *Orthothecium intricatum*.
- **Felsen unterhalb Underi Psetzi zwischen Herblingen und Thayngen:** Eine reiche Kalkfelsmoosflora mit einigen für Schaffhausen seltenen Arten wie *Plagiopus oederianus*, *Rhodobryum ontariense* und vor allem *Timmia bavarica*, welche bisher nur hier gefunden wurde. *Rhodobryum ontariense* konnte hier kürzlich mit Sporophyten gefunden werden, was bei dieser Art sehr selten vorkommt. Der letzte bekannte Fund dieser Art mit Sporophyten in der Schweiz stammt aus dem Jahre 1964.
- **Moos bei Ramsen:** Dieses kalkreiche Flachmoor ist bekannt für seine reiche Gefässpflanzenflora und ist im Inventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung aufgeführt. Für die typischen Moose der kalkhaltigen Flachmoore wie *Scorpidium cossonii* oder *Tomentypnum nitens* liegt hier der einzige bekannte Fundort in Schaffhausen.
- **Güllen bei Rüdlingen:** Hier liegt ein weiterer erst kürzlich entdeckter Torfmoos-Funddort (*Sphagnum palustre*). Auch auf diesen sollte Rücksicht genommen werden. Zudem ist dies die einzige Stelle mit dem für saure Moore typischen *Polytrichum commune* im Kanton Schaffhausen.

8 Katalog der Moose Schaffhausens

In der folgenden Liste sind alle bislang bekannten Moose des Kantons Schaffhausen in alphabetischer Reihenfolge, aber gruppiert nach Leber- und Laubmoosen, aufgeführt. Die Daten beruhen fast ausschliesslich auf einem Auszug aus der Datenbank des Datenzentrums Moose Schweiz (www.nism.uzh.ch). Nur wenige zusätzliche Funde wurden aus der Literatur übernommen. In diesen Fällen wird die entsprechende Arbeit jeweils zitiert. *Campylium sommerfeltii* und *Dicranum fuscescens*, die beide in Schäfer-Verwimp (1984) für den Kanton Schaffhausen genannt sind, wurden allerdings nicht übernommen. Bei der ersten Art handelt es sich sicher um *Campylium calcareum*, bei der zweiten muss die Bestimmmung als zweifelhaft angesehen werden (pers. Mitteilung Alfons Schäfer-Verwimp).

Bei sehr seltenen Arten sind die Fundorte kurz beschrieben und es wird angegeben, in welchem Jahr sie gefunden wurden. Bei den übrigen Arten werden grobe Häufigkeitsangaben gemacht (selten, zerstreut, verbreitet, häufig, sehr häufig). Diese beruhen einerseits auf der Anzahl der in der Datenbank des Datenzentrums Moos Schweiz erfassten Angaben, andererseits auf eigener Erfahrung. Da die meisten Funde nicht aus systematischen Erhebungen stammen, bildet die Zahl der Funde die tatsächliche Häufigkeit der Arten im Gelände nur ungefähr ab. Oft bestimmen persönliche Präferenzen die Zahl der Funde einer bestimmten Art. Zum Beispiel werden seltene oder besonders attraktive Arten allgemein häufiger gesammelt als weit verbreitete Arten. Die in den Bemerkungen zu den einzelnen Arten gemachten Häufigkeitsangaben beziehen sich, wenn nicht anders vermerkt, immer auf den Kanton Schaffhausen. Für den Naturschutz prioritäre Moosarten (gemäss Bundesamt für Umwelt 2011) sind mit hochgestellten Nummern gekennzeichnet (1 = sehr hohe Priorität; 2 = hohe Priorität; 3 = mittlere Priorität; 4 = mässige Priorität). Die Gefährdungsangaben richten sich nach der Roten Liste (RL) der gefährdeten Moose der Schweiz (Schnyder et al. 2004): LC = nicht gefährdet; NT = potentiell gefährdet; VU = gefährdet; EN = stark gefährdet; CR = vom Aussterben bedroht; NE = nicht evaluiert; DD = ungenügende Datengrundlage; - = kein Status, da bei Erscheinen der Roten Liste aus der Schweiz noch nicht bekannt.

Hornmoose

Bisher wurden im Kanton Schaffhausen keine Hornmoose gefunden.

Lebermoose

Aneura pinguis (L.) Dumort. RL: LC 2 Funde
Selten; auf feuchter Erde oder feuchtem, kalkhaltigem Gestein; beide Funde von der Seldenhalde.

Apometzgeria pubescens (Schrank) Kuwah. RL: LC 11 Funde
Zerstreut; meist nur wenige Quadratzentimeter grosse Decken an schattigen Kalkfelsen oder auch epiphytisch am Grunde von Bergahorn; oft auf grösseren Laubmoosen wachsend.

Bazzania trilobata (L.) Gray RL: LC 1 Fund
Ein Fund (2014) auf dem Hasenbuck in einem Fichtenforst auf einem morschem Strunk.

Blepharostoma trichophyllum (L.) Dumort. subsp. *trichophyllum* RL: LC 6 Funde
Verbreitet; auf morschem Holz (Strünke, liegende Stämme).

Calypogeia fissa (L.) Raddi subsp. *fissa* RL: LC 4 Funde
Selten und nur in kleinen Populationen auf offenerdigen, nicht zu trockenen, sauren Stellen in Wäldern; bisher nur im Südranden und im Gfell nordöstlich Hemishofen gefunden.

Calypogeia integristipula Steph. RL: LC 1 Fund
Ein Fund 1982 durch Alfons Schäfer-Verwimp östlich Ramsen im Wald auf einem Erdrain.

Calypogeia neesiana (C.Massal. & Carestia) subsp. neesiana RL: LC 1 Fund
Ein Fund (1982) durch Alfons Schäfer-Verwimp am Nordwestabhang beim Wiesholz; an Weghang auf Humus (Schäfer-Verwimp 1984).

Calypogeia suecica (Arnell & J. Perss.) Müll. Frib. RL: LC 1 Fund
Ein Fund 2014 auf morschem Holz westlich Schleitheim im Gebiet Widen.

Cephalozia bicuspidata (L.) Dumort. RL: LC 4 Funde
Selten in kleinen Decken auf saurer, etwas frischer bis nasser Erde; bisher nur am Geissberg, im Wösterholz und im Gfell nordöstlich Hemishofen gefunden.

Chiloscyphus pallescens (Hoffm.) Dumort. RL: LC 2 Funde
Selten auf frischer Erde oder feuchten Kalkfelsen in schattigen Lagen; beide Funde aus dem Westen des Kantons (Lochgraben, Tobel am nördlichen Ende der Flüelihalde).

Conocephalum conicum (L.) Dumort. RL: DD 1 Fund
Nur ein Fund (1994) bei Thayngen nördlich des Lohninger Bucks am Ufer eines kleinen Waldbachs gehört sicher zu dieser Art; zwei weitere Funde konnten nicht sicher von *C. salebrosum* unterschieden werden.

Conocephalum salebrosum Szweyk. et al. RL: DD 3 Funde
Alle drei Funde stammen aus dem Westen des Kantons; zwei Mal wuchs die Art über Kalkschotter auf dem Mittelstreifen von Forstwegen, ein Mal auf schattigen Kalkfelsen in einem Tobel.

Frullania dilatata (L.) Dumort. RL: LC 29 Funde

Sehr häufig; eines der häufigsten epiphytischen Lebermoose in unseren Wäldern; auf Buche, Esche, Bergahorn, Eichen und weiteren Laubbäumen.

Frullania tamarisci (L.) Dumort. subsp. *tamarisci* RL: NT 4 Funde

Nur vier Funde dieser potentiell gefährdeten Art, wobei drei davon älter als 100 Jahre sind. Das einzige bekannte rezente Vorkommen ist im Gebiet Steimüri oberhalb des Wangentals. Dort wächst die meist epiphytisch vorkommende Art auf und zwischen *Ctendidium molluscum* und *Neckera crispa* über Kalkfelsen Zwei der historischen Funde stammen aus dem Mühlental. Eine erste Nachsuche dort war erfolglos.

[3]*Harpanthus scutatus* (F. Weber & D. Mohr) Spruce RL: EN 1 Fund

Diese stark gefährdete Art wurde bisher nur ein Mal (2008) im Stritholz auf morschem Holz gefunden. Schweizweit gibt es seit 1968 nur fünf Funde dieser Art (siehe auch Bergamini et al. 2009).

Jungermannia atrovirens Dumort. RL: LC 4 Funde

Zerstreut; auf frischen bis feuchten, meist schattigen Kalkfelsen oder kalkhaltigem Sandstein.

Leiocolea badensis (Gottsche) Jørg. RL: LC 1 Fund

Nur ein Fund (1983) durch Alfons Schäfer-Verwimp auf dem Wolkensteinerberg auf einem kiesigen Waldweg.

Leiocolea collaris (Nees) Schljakov RL: LC 8 Funde

Verbreitet; in schattigen Lagen auf Kalkfelsen (meist auf dünner erdiger oder sandiger Auflage) oder kalkhaltigem Sandstein.

Lejeunea cavifolia (Ehrh.) Lindb. RL: LC 2 Funde

Selten; auf Buchen oder Eichen, teilweise über grösseren Laubmoosen wachsend; bisher nur im Westen des Kantons gefunden (Essitalgraben, Dachsberg).

Lepidozia reptans (L.) Dumort. RL: LC 10 Funde

Verbreitet; auf morschem Holz, selten auch auf humoser Erde.

Lophocolea bidentata (L.) Dumort. subsp. *bidentata* RL: LC 10 Funde

Häufig; öfters in grösseren Decken entlang von Wegen zwischen Hochstauden, in Auenwäldern und Flachmooren; oft auf abgestorbenem Pflanzenmaterial wachsend.

Lophocolea heterophylla (Schrad.) Dumort. subsp. *heterophylla* RL: LC 14 Funde

Sehr häufig; in Wäldern; fast ausschliesslich auf Totholz vorkommend.

Lophocolea minor Nees RL: LC 2 Funde

Bisher nur zwei Funde: ein Mal bei Hemmental (1996) und ein Mal im Stritholz (2011).

Lunularia cruciata (L.) Lindb. subsp. *cruciata* RL: LC 3 Funde

Gilt als Neophyt und tritt meist in Siedlungsnähe auf. Bei uns bisher auf dem Münsterplatz in der Stadt Schaffhausen, im Waldfriedhof und in einer sehr grossen Population auf einer Forststrasse im Chlushau gefunden. Verbreitet sich bei uns ausschliesslich vegetativ mittels Brutkörpern.

Marchantia polymorpha L. RL: LC 2 Funde
Sicher deutlich häufiger als die wenigen Funde vermuten lassen; kommt auch gerne in urbanen Lebensräumen vor (z. B. in schattigen Pflasterritzen, Blumentöpfen).

Metzgeria conjugata Lindb. subsp. conjugata RL: LC 3 Funde
Selten; epiphytisch oder auf Felsen in Wäldern, an schattigen bis halbschattigen, eher frischen Standorten wachsend.

Metzgeria furcata (L.) Dumort RL: LC 35 Funde
Sehr häufig; fast ausschliesslich epiphytisch auf verschiedenen Laubbäumen (Buche, Esche, Ahornarten etc.).

Metzgeria temperata Kuwah. RL: LC 8 Funde
Zerstreut; meist epiphytisch auf Buche in schattigen, luftfeuchten Lagen.

Metzgeria violacea (Ach.) Dumort. RL: LC 3 Funde
Selten; in schattigen, luftfeuchten Lagen, bisher auf Buche, Bergahorn und Schwarzem Holunder.

Microlejeunea ulicina (Taylor) A. Evans RL: LC 2 Funde
Sehr selten; bisher nur im Lochgraben und im Schärersgraben auf Esche bzw. Buche gefunden.

Nowellia curvifolia (Dicks.) Mitt. RL: LC 10 Funde
Verbreitet; auf morschem Holz; häufig fertil.

Pedinophyllum interruptum (Nees) Kaal. RL: LC 8 Funde
Zerstreut; auf übererdeten Kalkfelsen in schattigen Lagen.

Pellia endiviifolia (Dicks.) Dumort. subsp. *endiviifolia* RL: LC 6 Funde
Häufig; auf feuchter, kalkhaltiger Erde an Wegböschungen, an Bachrändern, an tuffigen Stellen, auch auf schattigen, feuchten Forststrassen.

Pellia epiphylla (L.) Corda subsp. *epiphylla* RL: LC 1 Fund
Ein Fund (2014) westlich von Ramsen in einem nord-exponierten Wald über mindestens schwach saurer, frischer Erde; mit Sporophyten.

Plagiochila asplenioides (L. Emend. Taylor) Dumort. RL: LC 12 Funde
Häufig; grösstes und eines der häufigsten Lebermoose in unseren Wäldern; meist auf Waldboden.

Plagiochila porelloides (Nees) Lindenb. RL: LC 4 Funde
Sehr ähnlich wie *P. asplenioides* und nicht immer leicht von dieser Art zu unterscheiden; beide Arten kommen an ähnlichen Standorten vor, *P. porelloides* scheint aber seltener zu sein.

[4]*Porella arboris-vitae* (With.) Grolle subsp. *arboris-vitae* RL: VU 4 Funde
Zerstreut; an schattigen Kalkfelsen in etwas luftfeuchten Lagen zu finden (bisher im Stritholz, im Mühlental und an der Seldenhalde).

[3]*Porella cordaeana* (Huebener) Moore RL: EN 1 Fund
Bisher ein Fund (2014) bei Bargen am Randenstaag am Rande eines Hohlweges im Buchenwald.

Porella platyphylla aggr. RL: DD 23 Funde
Da *Porella platyphylla* und *P. baueri* morphologisch kaum zu unterscheiden sind, werden die beide Arten hier unter *P. platyphylla* aggr. zusammengefasst. *P. platyphylla* aggr. ist sehr häufig und kommt sowohl epiphytisch auf verschiedenen Laubbäumen (z. B. Buche, Esche, Spitzahorn, Eichen) als auch auf kalkhaltigen Felsen vor.

Preissia quadrata (Scop.) Nees subsp. *quadrata* RL: LC 1 Fund
Bisher ein Fund beim Rheinfall auf Kalkfelsen durch Michael Lüth (2011). Die wahrscheinlich grösste regionale Population dieser Art befindet sich knapp ausserhalb des Kantons Schaffhausen an der Mauer beim Weg von der Nohlbrücke nach Dachsen hinauf.

Ptilidium pulcherrimum (Weber) Vain. RL: LC 1 Fund
Ein Fund durch Alfons Schäfer-Verwimp (1993) auf einer alten Buche in einem Buchenmischwald auf dem Wolkensteinerberg.

Radula complanata (L.) Dumort. subsp. *complanata* RL: LC 21 Funde
Sehr häufig; meist in Wäldern, aber auch auf freistehenden Bäumen; auf Laubbäumen.

Riccardia palmata (Hedw.) Carruth. RL: LC 3 Funde
Zerstreut; auf morschem Holz und einmal auf nasser, torfiger Erde.

Riccia glauca L. RL: LC 2 Funde
Selten; ein Fund auf etwas lehmiger Erde in einem Stoppelstreifen bei Dörflingen, der andere in Pflasterritzen auf dem Platz in der Alststadt von Schaffhausen.

Riccia sorocarpa Bisch. subsp. *sorocarpa* RL: LC 2 Funde
Selten; beide Funde in der Trockenwiese nördlich des Kaiserbucks bei Herblingen.

Scapania aspera Bernet & M.Bernet RL: LC 1 Fund
Ein Fund im Gebiet Steimüri (2014) auf Kalkfelsen.

Scapania nemorea (L.) Grolle RL: LC 4 Funde
Selten; auf saurer Erde an Wegböschungen. Von den vier Funden stammen zwei von Max Lande und wurden vor über hundert Jahren gemacht; die beiden anderen stammen aus den Jahren 2004 und 2008. Ob die historisch belegten Populationen noch existieren, ist ungewiss.

Trichocolea tomentella (Ehrh.) Dumort. RL: LC 2 Funde
Selten; an frischen, schattigen und luftfeuchten, oft hochstaudenreichen Stellen auf humoser Erde; beide Funde in Wäldern.

Laubmoose

Abietinella abietina (Hedw.) Schimp. RL: LC 17 Funde
Häufig; auf trockener, nährstoffarmer Erde an offenen Stellen in Trockenwiesen und Böschungen.

[2]*Acaulon muticum* (Hedw.) Müll. Hal. RL: CR 4 Funde
Alle Funde aus der Umgebung von Osterfingen. Nur ein Beleg ist datiert. Dieser wurde von Jean-Jacques Vetter 1856 gesammelt. Ob die Art heute in der Umgebung von Osterfingen noch vorkommt, ist ungewiss.

[4]*Aloina rigida* (Hedw.) Limpr. RL: NT 1 Fund
Nur ein rezenter Fund (2014) in der Kiesgrube beim Schmerlet zwischen Neunkirch und Guntmadingen. Die Art wurde zu Beginn des letzten Jahrhunderts auch an weiteren Stellen gefunden, wie eine Durchsicht der Belege im Herbar der Universität und der ETH Zürich zeigte.

Amblystegium confervoides (Brid.) Schimp. RL: LC 4 Funde
Zerstreut; in kleinen Populationen an schattigen Kalkfelsen in Wäldern; leicht zu übersehen.

Amblystegium serpens (Hedw.) Schimp. RL: LC 21 Funde
Sehr häufig; auf verschiedenen Substraten; Wälder, Hecken, Rebberge, Felsen, Wiesen etc.; meist mit Sporophyten.

Amblystegium subtile (Hedw.) Schimp. RL: LC 6 Funde
Verbreitet; auf der Borke verschiedener Laubbäume an eher etwas feuchteren Lagen in Wäldern.

Anomodon attenuatus (Hedw.) Huebener RL: LC 14 Funde
Häufig; im unteren Stammbereich verschiedener Laubbäume und auf Kalkfelsen; meist in Wäldern.

Anomodon longifolius (Brid.) Hartm. RL: LC 25 Funde
Verbreitet; im unteren Stammbereich verschiedener Laubbäume und auf Kalkfelsen; meist in Wäldern.

Anomodon viticulosus (Hedw.) Hook. & Taylor RL: LC 22 Funde
Sehr häufig; an halbschattigen Kalkfelsen, aber auch im unteren Stammbereich verschiedener Laubbäume; meist in Wäldern; bildet oft grosse, kräftige Decken.

Antitrichia curtipendula (Hedw.) Brid. RL: LC 9 Funde
Zerstreut; epiphytisch auf Laubbäumen in eher luftfeuchten Lagen, aber auch auf Kalkfelsen; in Wäldern.

Atrichum undulatum (Hedw.) P. Beauv. RL: LC 12 Funde
Sehr häufig; an mindestens schwach-sauren, eher schattigen Wegböschungen in Wäldern; meist mit Sporophyten.

Barbula convoluta Hedw. RL: LC 7 Funde
Verbreitet; an offenerdigen, sonnigen Stellen in Kiesgruben, Rebbergen, Pflasterritzen, auf Feldwegen.

Barbula unguiculata Hedw. RL: LC 29 Funde
Sehr häufig; an offenerdigen Stellen in unterschiedlichen Habitaten wie Wiesen, Rebbergen, Wegböschungen, Stoppelfeldern, Pflasterritzen und Feldwegen.

Bartramia ithyphylla Brid. subsp. *ithyphylla* RL: LC 1 Fund
Nur ein Fund (2008) am Fusse des Hasenbergs südlich Neunkirch auf offener, saurer Erde an Wegböschung im Wald. Einziger Fund in der Schweiz ausserhalb der Alpen (Bergamini et al. 2008).

Bartramia pomiformis Hedw. RL: LC 1 Fund
Nur ein Fund (2008) im Unterholz zwischen Herblingen und Thayngen auf offener, saurer und lehmiger Erde im Wald.

Brachytheciastrum velutinum (Hedw.) Ignatov & Huttunen RL: LC 22 Funde
Sehr häufig; in Wäldern auf humoser Erde, aber auch auf der Borke von Laubbäumen, auf Totholz und auf Felsen; meist mit Sporophyten.

Brachythecium albicans (Hedw.) Schimp. RL: LC 11 Funde
Verbreitet; an offenen, lichtreichen, eher nährstoffarmen Stellen in Rebbergen, Wiesen und Brachen.

Brachythecium glareosum (Spruce) Schimp. RL: LC 4 Funde
Wahrscheinlich häufiger, als die wenigen Funde vermuten lassen; an offenen, sonnigen bis halbschattigen Stellen in Wiesen und lichten Wäldern.

Brachythecium rivulare Schimp. RL: LC 7 Funde
Verbreitet; an feuchten, oft schattigen Stellen entlang von Bächen, in feuchten Wäldern und in Flachmooren.

Brachythecium rutabulum (Hedw.) Schimp. RL: LC 51 Funde
Sehr häufig; in Wäldern, Wiesen, Stoppelfeldern, Brachen und an Wegböschungen; auf nährstoffreicher Erde, auf Totholz, im Stammfussbereich von Laubbäumen und auf Felsen; oft mit Sporophyten.

Brachythecium salebrosum (F. Weber & D. Mohr) Schimp. RL: LC 4 Funde
Wahrscheinlich häufiger, als die wenigen Funde vermuten lassen; an mehr oder weniger nährstoffreichen, halbschattigen Stellen in Wiesen, Rebbergen, Brachen.

Brachythecium tommasinii (Boulay) Ignatov & Huttunen RL: LC 9 Funde
Verbreitet; auf eher schattigen Kalkfelsen in Wäldern; selten epiphytisch.

Bryoerythrophyllum recurvirostrum (Hedw.) P. C. Chen RL: LC 5 Funde
Zerstreut; auf offener, meist frischer Erde an Wegböschungen, in Kiesgruben, an Flussufern, aber auch auf Kalkfelsen.

Bryum alpinum With. RL: NT 1 Fund
Nur ein Fund 1878 beim Rheinfall durch Hans Siegfried. Trotz vieler Exkursionen zum Rheinfall (Jaag 1938; Bergamini et al. 2007; Lüth 2012) konnte die Art dort nie mehr gefunden werden.

Bryum archangelicum Bruch & Schimp. RL: LC 1 Fund
Nur ein Fund 1906 bei Osterfingen durch Max Lande auf Holzbohlen.

Bryum argenteum Hedw. *argenteum* RL: LC 35 Funde
Sehr häufig; eines der häufigsten Moose in urbanen Gebieten, in Pflasterritzen, Rissen im Strassenbelag, auf Mauern, Dächern etc.; auch in landwirtschaftlich geprägten Lebensräumen auf Feldwegen, Brachen, Stoppelfeldern und in Rebbergen.

Bryum barnesii Schimp. RL: DD 2 Funde
Selten; einmal in einem Rebberg (2001) und einmal am Rheinfall (2006) auf nur bei Hochwasser überspülten Felsplatten gefunden; immer mit vielen Brutkörpern in den Blattachseln.

Bryum bicolor Dicks. RL: LC 10 Funde
Häufig; an konkurrenzarmen, oft gestörten Stellen; in Pflasterritzen, Stoppelfeldern und Rebbergen.

Bryum caespiticium Hedw. *caespiticium* RL: DD 2 Funde
Nur zwei Funde aus dem 19. Jahrhundert; die Art kommt aber sicher auch heute noch im Kanton Schaffhausen vor, bei einer gezielten Suche könnte sie wohl noch gefunden werden.

Bryum capillare aggr. RL: NE 8 Funde
Sehr häufig, aber wenig gesammelt; auf Erde und Erdauflagen über Kalkfelsen, Mauern oder Ziegelsteinen; auch auf der Borke von Laubbäumen; *Bryum capillare* aggr. enthält die beiden Arten *Bryum capillare* s.str. und *B. torquescens*. Erstere kommt sicher im Kanton Schaffhausen vor, letztere wurde bisher nicht gefunden.

Bryum creberrimum Taylor RL: NT 3 Funde
Nur drei Funde: zwei 1905 von Max Lande; einer 2014 in einem Blumentopf auf einer Dachterrasse in der Schaffhauser Altstadt.

[4]*Bryum funckii* Schwägr. RL: VU 1 Fund
Nur ein Fund 1878 von Jakob Weber bei Neunkirch.

[2]*Bryum gemmiparum* De Not. RL: CR 13 Funde
Selten; alle Funde stammen vom Rheinfall, erster Fund 1865 von Robert Gerwig, bislang letzte Funde 2011 von Michael Lüth (Lüth 2012).

Bryum klinggraeffii Schimp. RL: LC 2 Funde
Selten, wird aber leicht übersehen; ein Mal in einem Rebberg, ein Mal in einer ungenutzten Wiese.

Bryum moravicum Podp. RL: LC 18 Funde
Häufig; in verschiedenen Habitaten (Wälder, Felsenstandorte, Uferverbauungen); epiphytisch, auf Erde und auf (übererdeten) Kalkfelsen.

Bryum pallescens Schwägr. RL: LC 1 Fund
Nur ein Fund von Alfons Schäfer-Verwimp (1984) auf einer Mauer bei Thayngen.

Bryum pseudotriquetrum (Hedw.) G. Gaertn. et al. RL: LC 6 Funde
Selten; in Flachmooren und entlang von Gewässern.

[4]*Bryum radiculosum* Brid. RL: VU 1 Fund
Nur einmal in einem Rebberg (2001) bei Löhningen.

Bryum rubens Mitt. RL: LC 8 Funde
Häufig; in Stoppelfeldern, an gestörten, offenen Stellen in Wiesen und Wäldern (z. B. in Schlagflächen).

[4]*Bryum ruderale* Crundw. & Nyholm RL: VU 4 Funde
Selten; an offenerdigen, konkurrenzarmen Stellen; zwei Funde in Trockenwiesen, ein Mal in einem Rebberg und auf dem Mittelstreifen eines Feldwegs.

[4]*Bryum stirtonii* Schimp. RL: VU 1 Fund
Ein Fund von Josef Bertram (1990) in der Trockenwiese nördlich vom Kaiserbuck bei Herblingen.

Bryum subapiculatum Hampe RL: NT 1 Fund
Ein Fund (2003) auf einem Brachstreifen an einem Feldrand südlich Buchthalen beim Windegg.

Bryum violaceum Crundw. & Nyholm RL: LC 3 Funde
Selten, aber vielleicht oft übersehen; zwei Funde in einem Rebberg, einer in einer Wiesenböschung.

[3]*Buxbaumia aphylla* Hedw. RL: EN 4 Funde
Der letzte Fund im Kanton Schaffhausen 1905 durch Max Lande; auch im Schweizer Mittelland seit fast 100 Jahren keine Funde mehr; zu suchen an kalkarmen, halbschattigen Wegborden im Wald.

[4]*Buxbaumia viridis* (Lam. & DC.) Moug. & Nestl. RL: NT 2 Funde
Ein Fund (2011) auf einem morschen Fichtenstrunk südlich Beggingen in einem nordexponierten Wald (Bergamini et al. 2012) sowie ein weiterer Fund (2014) auf dem Schlossranden. Die Art gehört gemäss Natur- und Heimatschutzverordnung zu den kantonal zu schützenden Arten und ist auch international durch die Berner Konvention geschützt.

Calliergonella cuspidata (Hedw.) Loeske RL: LC 12 Funde
Sehr häufig; in etwas frischen Wiesen, Flachmooren, Auenwäldern.

Campyliadelphus chrysophyllus (Brid.) R. S. Chopra Selten, aber vielleicht oft übersehen; in eher trockenen, lichten, skelettreichen Wäldern auf Erde und Kalktrümmern.	RL: LC	4 Funde
Campylium stellatum (Hedw.) Lange & C. E. O. Jensen Einer der Funde sicher subsp. *stellatum*, zwei andere sicher subsp. *protensum*; die anderen vier konnten keiner Unterart zugeordnet werden. Insgesamt nicht häufig, meist auf feuchter bis nasser Erde in Flachmooren, aber auch auf feuchten Wegen oder über Sandstein beobachtet.	RL: NE	7 Funde
Campylophyllum calcareum (Crundw. & Nyholm) Hedenäs Verbreitet; auf trockener Erde und Kalkfelsen; meist in Wäldern, ein Fund in einer Buntbrache.	RL: LC	6 Funde
Campylopus introflexus (Hedw.) Brid. Neophyt, aus Südamerika eingeschleppt und in Europa weit verbreitet. Ein Fund durch Alfons Schäfer-Verwimp (2009) unter einer alten Kiefergruppe im Rütihau östlich Ramsen.	RL: LC	1 Fund
Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid. subsp. *purpureus* Sehr häufig; an offenen, gestörten Stellen in Wiesen, Wäldern, Rebbergen, Pflasterritzen, auf Flachdächern.	RL: LC	14 Funde
[2]*Cinclidotus aquaticus* (Hedw.) Bruch & Schimp. Selten; beide Funde vom Rheinfall; einer davon undatiert (wahrscheinlich im 19. Jahrhundert gesammelt), der andere von Jan-Peter Frahm (2011); ein weiterer Fund auf Zürcher Seite (1958).	RL: EN	2 Funde
Cinclidotus danubicus Schiffn. & Baumgartner Besonders am Rheinfall sehr häufig, wo die Art grossflächig auf den meist überspülten Felsen vorkommt, ein Fund an der Rheinuferverbauung oberhalb Rüdlingen und einer in der Durach am Ende des Merishausertals.	RL: LC	21 Funde
Cinclidotus fontinaloides (Hedw.) P. Beauv. Selten; fünf Funde vom Rheinfall; dort zuletzt 1990 gesammelt; ein Fund von 1862 aus der Durach.	RL: LC	6 Funde
Cinclidotus riparius (Brid.) Arn. Ein Fund von Theodor Herzog am Rheinfall (1898).	RL: LC	1 Fund
Cirriphyllum crassinervium (Taylor) Loeske & M. Fleisch. Verbreitet; meist auf Kalkfelsen oder Nagelfluh.	RL: LC	8 Funde
Cirriphyllum piliferum (Hedw.) Grout Deutlich häufiger, als die wenigen Funde vermuten lassen; in Auenwäldern, Flachmooren, zwischen Hochstauden.	RL: LC	4 Funde
Climacium dendroides (Hedw.) F. Weber & D. Mohr Zerstreut; in Flachmooren oder auch frischen Wiesen, einmal auf der Kuppe eines Kalkfelsblocks.	RL: LC	7 Funde
Cratoneuron filicinum (Hedw.) Spruce Häufig; an Quellaustritten, entlang von Bächen, an Rheinuferverbauungen, in Flachmooren.	RL: LC	17 Funde
[4]*Cryphaea heteromalla* (Hedw.) D. Mohr Ein Fund (2014) bei Wunderklingen westlich Hallau in einem Feldgehölz epiphytisch auf einer Weide (*Salix* cf. *alba*); Polster von *C. heteromalla* wurden auf gegen zehn Ästen gefunden.	RL: VU	1 Fund

Ctenidium molluscum (Hedw.) Mitt. RL: LC 19 Funde
Sehr häufig; besonders auf Kalkfelsen und trockener Erde in lichten Wäldern, aber auch in Magerwiesen und Flachmooren.

Dichodontium pellucidum aggr. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (1895) vom Rheinfall durch Paul Culmann.

Dicranella heteromalla (Hedw.) Schimp. RL: LC 13 Funde
Verbreitet; in Wäldern auf schwach saurer Erde an Wegböschungen, um Baumbasen und auf Wurzeltellern umgestürzter Bäume.

Dicranella schreberiana (Hedw.) Dixon RL: LC 1 Fund
Ein Fund (2013) an einem schattigen Wegbord im Wald auf lehmiger Erde.

Dicranella staphylina H. Whitehouse RL: LC 4 Funde
Zerstreut, wahrscheinlich aber häufiger, als die wenigen Funde vermuten lassen; in Stoppelfeldern und Brachen.

Dicranella varia (Hedw.) Schimp. RL: LC 3 Funde
Zerstreut, aber wahrscheinlich häufiger, als die wenigen Funde vermuten lassen; meist auf feuchter, etwas lehmiger Erde.

Dicranodontium denudatum (Brid.) E. Britton RL: LC 2 Funde
Selten; auf morschen Baumstrünken; ein Fund im Engiwald, der andere bei Rüdlingen im Gebiet Güllen.

Dicranoweisia cirrata (Hedw.) Lindb. RL: LC 5 Funde
Zerstreut; epiphytisch auf Laubbäumen und Rebstöcken sowie auf Holzgartenzäunen beobachtet.

[3]*Dicranum flagellare* Hedw. RL: EN 4 Funde
Alle vier Funde aus dem Jahr 1862 aus den «Erzgruben im Hallauerholz»; eine Nachsuche dieser stark gefährdeten Art steht noch aus.

Dicranum montanum Hedw. RL: LC 14 Funde
Sehr häufig; epiphytisch auf saurer Borke (von Föhren, Fichten, Birken) oder auf Totholz.

Dicranum scoparium Hedw. RL: LC 22 Funde
Sehr häufig; in Wäldern auf Waldboden, Totholz, epiphytisch (Buchen, Eichen) und auf übererdeten Kalkfelsen.

Dicranum viride (Sull. & Lesq.) Lindb. RL: LC 6 Funde
Zerstreut; epiphytisch auf meist alten Buchen, ein Mal auf Birke beobachtet. Die Art gehört gemäss Natur- und Heimatschutzverordnung zu den kantonal zu schützenden Arten und ist auch international durch die Berner Konvention geschützt.

Didymodon acutus (Brid.) K. Saito RL: LC 1 Fund
Ein Fund durch Thomas Breunig (2010) in einer Trockenwiese bei Merishausen.

Didymodon fallax (Hedw.) R. H. Zander RL: LC 3 Funde
Zerstreut, aber wahrscheinlich häufiger, als die wenigen Funde vermuten lassen; auf offener, frischer Erde.

Didymodon ferrugineus (Besch.) M. O. Hill RL: LC 6 Funde
Zerstreut; auf offener, skelettreicher Erde in Kiesgruben, auf Feldwegen, Trockenrasen.

Didymodon luridus Spreng. RL: LC 3 Funde
Zerstreut; auf Nagelfluh und Beton; an trockenen, lichtreichen Standorten wie Trockenwiesen und Rebbergen, aber auch an Flussufern.

Didymodon rigidulus Hedw. RL: LC 9 Funde
Verbreitet; auf Kalkfelsen und Beton; an trockenen bis frischen, sonnigen bis halbschattigen Stellen.

Didymodon spadiceus (Mitt.) Limpr. RL: LC 3 Funde
Selten; ein historischer Fund (1853) und zwei rezente Funde (Schärersgraben und Tobel am nördlichen Ende der Flüelihalde); an Gewässern oder in luftfeuchten Lagen auf Kalkfelsen.

Diphyscium foliosum (Hedw.) D. Mohr RL: LC 10 Funde
Zerstreut; auf saurer Erde an Wegböschungen in Wäldern; oft Kuppenlagen.

Distichium capillaceum (Hedw.) Bruch & Schimp. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (2014) in der alten Kiesgrube beim Schmerlet zwischen Neunkirch und Guntmadingen; mit nur 430 m ü. M. ein ungewöhnlich tiefer Fund dieser vor allem subalpin-alpin verbreiteten Art.

Ditrichum flexicaule aggr. RL: NE 5 Funde
Zerstreut; auf Kalkfelsen und skelettreichen Böden; im *D. flexicaule*-Aggregat werden *D. gracile* und *D. flexicaule* s.str.zusammengefasst: zwei der fünf Funde gehören sicher zu *D. gracile*, die anderen drei wurden noch nicht revidiert.

[3]*Ditrichum pallidum* (Hedw.) Hampe RL: EN 8 Funde
Zerstreut; auf schwach sauren, lichten Waldböden; oft an gestörten Stellen wie in Waldschlägen oder auf Wurzeltellern in Windwurfflächen (siehe auch Bergamini et al. 2010).

[3]*Ditrichum pusillum* (Hedw.) Hampe RL: EN 1 Fund
Ein Fund (2008) am Fusse des Hasenbergs südlich Neunkirch auf offener, saurer Erde an einer Wegböschung im Wald.

Drepanocladus aduncus (Hedw.) Warnst. RL: LC 2 Funde
Selten; auf feuchter bis nasser Erde; Röhrichte, Gräben.

Encalypta streptocarpa Hedw. RL: LC 16 Funde
Häufig; an schattigen bis halbschattigen Standorten; auf erdigen Absätzen und in Spalten von Kalkfelsen und auf skelettreichen Böden an Böschungen.

Encalypta vulgaris Hedw. RL: LC 5 Funde
Zerstreut; an trockenen, lichtreichen Standorten; auf Nagelfluhfelsen in Rebbergen und Trockenwiesen; ein Mal auf einer Mauerkrone.

Entodon concinnus (De Not.) Paris RL: LC 9 Funde
Häufig; in Trockenwiesen weit verbreitet und teilweise grössere Decken bildend.

Ephemerum serratum aggr. RL: NE 1 Fund
Ein Fund (2013) in einem Stoppelstreifen am Rande eines Ackers bei Dörflingen; das *E. serratum*-Aggregat enthält die beiden Arten *E. serratum* s.str. und *E. minutissimum*, welche nur mit reifen Sporen sicher unterschieden werden können.

Eucladium verticillatum (With.) Bruch & Schimp. RL: LC 4 Funde
Zerstreut; an Tuffstellen bei Quellaustritten und an Brunnen.

Eurhynchium angustirete (Broth.) T. J. Kop. RL: LC 9 Funde
Häufig; auf Waldboden und morschem Holz; an frischen, meist halbschattigen, humosen Stellen.

Eurhynchium striatum (Hedw.) Schimp. RL: LC 20 Funde
Häufig; auf Waldboden und morschem Holz; an frischen, meist halbschattigen, humosen Stellen.

Fissidens adianthoides Hedw. RL: LC 3 Funde
Selten; in kalkhaltigen Flachmooren.

Fissidens bryoides Hedw. RL: NE 10 Funde
Zerstreut; auf offener, kalkarmer, etwas lehmiger Erde; an Wegböschungen und Hohlwegen in Wäldern und auf Wurzeltellern. Wahrscheinlich handelt es sich bei allen Funden um die Unterart *bryoides*.

Fissidens crassipes Bruch & Schimp. subsp. *crassipes* RL: LC 11 Funde
Die meisten Funde stammen vom Rheinfall, einer von der Rheinuferverbauung bei Rüdlingen und einer vom Bach nördlich Unterholz bei Herblingen. Am Rhein ist die Art weit verbreitet (Hilfiker & Bergamini 2005); wie häufig sie in den Schaffhauser Bächen ist, ist unklar.

Fissidens crispus Mont. RL: DD 1 Fund
Ein Fund (2008) im Stritholz bei Herblingen auf Kalkfelsen.

Fissidens dubius P.Beauv. RL: LC 9 Funde
Häufig; auf halbschattigen bis schattigen Kalkfelsen und auf skelettreicher Erde an Wegborden; meist in Wäldern.

Fissidens exilis Hedw. RL: NT 2 Funde
Selten; ein Mal an einer Wegböschung im Wald und ein Mal am Rande einer Jungwaldpflanzung; beide Funde auf lehmiger und wahrscheinlich schwach saurer Erde.

Fissidens gracilifolius Brugg.-Nann. & Nyholm RL: DD 5 Funde
Zerstreut; auf frischen Kalkfelsen, auf Sandstein und auf Nagelfluh; in luftfeuchten Lagen.

[1]*Fissidens grandifrons* Brid. RL: EN 26 Funde
Alle Funde vom Rheinfall; auf nassen Kalkfelsen, die nur selten trocken fallen; erstmals 1852 am Rheinfall gesammelt. Gemäss Jaag (1938) in den 1930er Jahren noch häufig; später ist die Art stark zurückgegangen. Bei einer Nachsuche 2005 konnte sie nicht gefunden werden (Bergamini et al. 2007). 2011 wurde durch Michael Lüth allerdings eine kleine Population wieder entdeckt (Lüth 2012). Viele potenzielle Standorte am Rheinfall sind aber unzugänglich. Einzige Art im Kanton Schaffhausen mit Prioritätsstufe 1 gemäss BAFU (2011).

[3]*Fissidens rufulus* Bruch & Schimp. RL: EN 28 Funde
Alle Funde vom Rheinfall; erstmals 1859 dort gesammelt, letzter Fund 2006; auf nassen Kalkfelsen.

Fissidens taxifolius Hedw. subsp. *taxifolius* RL: LC 14 Funde
Sehr häufig; auf offener, frischer Erde in halbschattigen Lagen; an Wegborden, in Wiesen, auf Wurzeltellern, auch an laubfreien Stellen auf Waldboden.

Fissidens viridulus subsp. *incurvus* (Röhl.) Waldh. RL: DD 1 Fund
Ein Fund (2013) im Schärersgraben westlich von Hallau gegen die Wutach zu an einem Wegbord.

Fontinalis antipyretica Hedw. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (1992) in der Durach am Ende des Merishausertals; die Art ist sicher noch an weiteren Stellen in der Durach und in weiteren Bächen zu finden. Am thurgauischen und zürcherischen Rheinufer sind mehrere Vorkommen belegt.

Funaria hygrometrica Hedw. RL: LC 6 Funde
Häufig; die Art ist in Wäldern typischerweise auf alten Feuerstellen zu finden, kommt aber auch an vielen anderen Stellen vor (Waldschläge, Wurzelteller, Stoppelfelder, Gärten, Blumentöpfe etc.).

Grimmia hartmanii Schimp. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (2000) auf einem kalkarmen Findling bei Thayngen auf dem Berg; da die Art nicht auf kalkhaltigem Gestein wächst, ist sie in Kalkgebieten nur auf Findlingen zu finden.

Grimmia orbicularis Wilson RL: LC 2 Funde
Selten; auf sonnenexponiertem kalkhaltigem Gestein; ein Mal bei der Rhyhalde an der Rheinuferverbauung (Bergamini et al. 2008) und ein Mal auf Nagelfluh in der Kiesgrube beim Schmerlet zwischen Neunkirch und Guntmadingen.

Grimmia ovalis (Hedw.) Lindb. RL: NE 1 Fund
Ein Fund (1994) auf einem Ziegeldach an der Webergasse in Schaffhausen (siehe auch Lüth 2001).

Grimmia pulvinata (Hedw.) Sm. RL: LC 11 Funde
Häufig; vor allem auf sonnenexponiertem Beton, Kalkfelsen, Nagelfluh und auf Ziegeldächern.

Gymnostomum aeruginosum Sm. RL: LC 3 Funde
Zerstreut; an schattigen, frischen Kalkfelsen.

Gymnostomum calcareum Nees & Hornsch. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (2013) im Schärersgraben westlich von Hallau gegen die Wutach zu auf schattigen Kalkfelsen.

Herzogiella seligeri (Brid.) Z.Iwats. RL: LC 12 Funde
Verbreitet; auf morschem Holz in Wäldern.

Homalia trichomanoides (Hedw.) Brid. RL: LC 24 Funde
Häufig; epiphytisch auf verschiedenen Laubbäumen (Buche, Esche, Bergahorn, Eiche) und an Kalkfelsen; oft fertil.

Homalothecium lutescens (Hedw.) H.Rob. RL: LC 30 Funde
Sehr häufig; in Trockenwiesen, an Wegböschungen, an Waldrändern und in lichten Wäldern, auf Kalkfelsen, auf Mauern; selten auch epiphytisch.

Homalothecium sericeum (Hedw.) Schimp. RL: LC 20 Funde
Sehr häufig; epiphytisch auf verschiedenen Laubbäumen (Esche, Spitzahorn, Feldahorn, Buche, Hainbuche, Nussbaum), auf Kalkfelsen, Mauern und Ziegelsteinen.

Homomallium incurvatum (Brid.) Loeske RL: LC 7 Funde
Verbreitet; meist auf Kalksteinen am Waldboden.

[4]*Hygroamblystegium fluviatile* (Hedw.) Loesker RL: VU 1 Fund
Ein Fund (1859) durch Anton Gisler an der Rheinhalde (Amann 1933). Die Art wurde zwar im Kanton Schaffhausen seit über 150 Jahren nicht mehr gesammelt, doch ist ein aktuelles Vorkommen durchaus möglich, da die Art am Thurgauer Rheinufer 2005 gefunden wurde (Hilfiker & Bergamini 2005).

Hygroamblystegium tenax (Hedw.) Jenn. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (2006) am Rheinfall durch Norbert Schnyder auf zeitweise überfluteten Kalkblöcken.

Hygroamblystegium varium (Hedw.) Mönk. RL: LC 2 Funde
Selten; beide Funde epiphytisch; der eine auf *Salix alba* am Ufer des Rheins, beim anderen keine Angaben.

Hygrohypnum luridum (Hedw.) Jenn. RL: LC 4 Funde
Zerstreut; auf Kalkfelsblöcken am Rheinfall und beim Kraftwerk Schaffhausen sowie westlich Schleitheim auf feuchten Kalkblöcken im Tobel am nördlichen Ende der Flüelihalde.

Hylocomium splendens (Hedw.) Schimp. RL: LC 17 Funde
Sehr häufig; in verschiedenen Waldtypen auf Waldboden, selten auch auf stark zersetztem Holz.

Hymenostylium recurvirostrum (Hedw.) Dixon RL: LC 1 Fund
Ein Fund (1893) von Paul Culmann am Rheinfall als Varietät *cataractum*. Auch Jaag (1938) gibt diese Varietät noch vom Rheinfall an. Später wurde sie nicht mehr gefunden (Bergamini et al. 2007, Lüth 2012).

[4]*Hyophila involuta* (Hook.) A. Jaeger RL: VU 15 Funde
Ein rezenter Fund (2011) von Michael Lüth, alle anderen vor 1938 gesammelt. Die Art scheint am Rheinfall deutlich seltener geworden zu sein. Culmann (1901) schrieb noch «am Rheinfall am linken Rheinufer in Menge». Die von Michael Lüth entdeckte rezente Population beschränkt sich auf wenige Quadratdezimeter (Lüth 2012).

Hypnum cupressiforme aggr. RL: NE 44 Funde
Sehr häufig; wohl eines der häufigsten Moose bei uns; vor allem in Wäldern, auf freistehenden Bäumen, in Rebbergen, in urbanen Gebieten, auf Erde, Totholz, epiphytisch auf Laub- und Nadelholz. Die meisten Funde gehören zu *Hypnum cupressiforme* s.str., andere Kleinarten aus dem Aggregat wurden bisher nicht gefunden.

Hypnum vaucheri Lesq. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (2000) von der Zieglerhalde östlich von Neunkirch.

Isothecium alopecuroides (Dubois) Isov. RL: LC 16 Funde
Häufig; in Wäldern; meist epiphytisch auf Laubbäumen, seltener auch auf morschem Holz oder etwas übererdeten Kalkfelsen.

Kindbergia praelonga (Hedw.) Ochyra — RL: LC — 5 Funde
Zerstreut; auf kalkarmer Erde in Wäldern.

Leptodictyum riparium (Hedw.) Warnst. — RL: LC — 3 Funde
Zerstreut; zwei Funde vom Rheinfall, einer aus dem Klettgau westlich Hallau unterhalb Winterhalde.

Leskea polycarpa Hedw. — RL: LC — 6 Funde
Zerstreut; in Auenwäldern auf Weiden und Eschen, einmal auf einer verbuschten Trockenmauer.

Leucobryum glaucum (Hedw.) Ångstr. — RL: LC — 10 Funde
Selten; alle zehn Funde von zwei Fundorten (Rundbuck auf dem Geissberg und oberhalb Tüfels-Chuchi bei Beringen); bereits 1841 zum ersten Mal gesammelt; auf saurer Erde in lichten Wäldern, gerne an Hangkanten. In der Schweiz geschützt.

Leucodon sciuroides (Hedw.) Schwägr. — RL: LC — 20 Funde
Häufig; in Wäldern (hier vor allem im Kronenbereich der Bäume), auf freistehenden Bäumen; epiphytisch auf Esche, Eiche, Spitz- und Feldahorn, Nussbaum.

Loeskeobryum brevirostre (Brid.) M. Fleisch. — RL: LC — 12 Funde
Zerstreut; in Wäldern auf humoser Erde, übererdeten Kalkfelsen, selten auf stark morschem Holz.

Mnium hornum Hedw. — RL: LC — 3 Funde
Selten; eher frische, halbschattige Wälder; auf leicht sauren Böden.

Mnium marginatum (Dicks.) P. Beauv. — RL: LC — 4 Funde
Selten; auf Kalkfelsblöcken in Wäldern.

Mnium stellare Hedw. — RL: LC — 18 Funde
Verbreitet; meist auf dünner Erdauflage über Kalkfelsen in Wäldern.

Neckera complanata (Hedw.) Huebener — RL: LC — 25 Funde
Sehr häufig; in Wäldern auf Laubbäumen (Esche, Berg-, Feld- und Spitzahorn, Eiche, Hainbuche) und auf kalkreichen Felsen.

Neckera crispa Hedw. — RL: LC — 14 Funde
Verbreitet; in Wäldern vor allem auf Kalkfelsen, seltener epiphytisch auf Esche und Buche.

[4]*Neckera pumila* Hedw. — RL: VU — 1 Fund
Ein Fund (2013) im Schärersgraben westlich Hallau; epiphytisch auf Buche und Bergahorn; luftfeucht.

Orthothecium intricatum (Hartm.) Schimp. — RL: LC — 1 Fund
Ein Fund (2008) im Stritholz bei Herblingen auf einem schattigen Absatz eines Kalkblocks.

Orthotrichum affine Brid. — RL: LC — 12 Funde
Häufig; in Wäldern, Rebbergen, Streuobstwiesen, Parkanlagen; meist auf Laubbäumen, ein Mal auf einer Lärche und ein Mal auf Totholz.

Orthotrichum anomalum Hedw. — RL: LC — 6 Funde
Verbreitet; auf Kalkfelsen und Beton in sonnigen bis halbschattigen Lagen; oft in urbanen Gebieten.

Orthotrichum cupulatum Brid. — RL: LC — 1 Fund
Ein Fund (2008) an einer Betonuferbefestigung an der Wutach oberhalb Wunderklingen.

Orthotrichum diaphanum Brid. RL: LC 14 Funde
Häufig; auf freistehenden Bäumen (v. a. Pappeln, Weiden) in Parkanlagen und Alleen und in Rebbergen.

Orthotrichum lyellii Hook. & Taylor RL: LC 24 Funde
Häufig; in verschiedenen Waldgesellschaften auf Laubbäumen (Buche, Esche, Eiche), auch in Rebbergen.

Orthotrichum obtusifolium Brid. RL: LC 11 Funde
Verbreitet; auf freistehenden Bäumen (Pappel, Esche, Nussbaum, Weide), in lichten Auenwäldern, in Rebbergen.

Orthotrichum pallens Brid. RL: LC 7 Funde
Zerstreut; in Wäldern auf Buche, ein Mal auf Feldahorn; ein Mal in einem Rebberg.

Orthotrichum patens Brid. RL: NT 6 Funde
Zerstreut; in Wäldern meist auf Laubholzborke (Buche, Bergahorn), ein Mal auf einer Lärche.

Orthotrichum pumilum Sw. ex anon. RL: LC 7 Funde
Wahrscheinlich verbreitet; auf der Borke freistehender Bäume und in Rebbergen; nicht immer von *O. schimperi* unterschieden.

Orthotrichum schimperi Hammar RL: DD 1 Fund
Ein Fund (2014) durch Thomas Kiebacher auf Linden an der Bushaltestelle vor dem Bahnhof in Schaffhausen.

Orthotrichum speciosum Nees RL: LC 7 Funde
Wahrscheinlich verbreitet; in Wäldern epiphytisch auf Buche, Hainbuche, Lärche und in Rebbergen.

Orthotrichum stramineum Brid. RL: LC 5 Funde
Wahrscheinlich verbreitet; in Wäldern; alle Funde auf Buche.

Orthotrichum striatum Hedw. RL: LC 6 Funde
Wahrscheinlich verbreitet; in Rebbergen, auf Alleebäumen und in Wäldern auf Buche.

[4]*Orthotrichum tenellum* Brid. RL: VU 2 Funde
Selten; ein Mal in einer Pappelallee im Niderfeld bei Stein am Rhein, ein Mal in einem Rebberg südlich Windegg bei Schaffhausen.

Oxyrrhynchium hians (Hedw.) Loeske RL: LC 23 Funde
Sehr häufig; in frischen Wiesen und Wäldern (v. a. Auenwälder); meist auf Erde.

Oxyrrhynchium schleicheri (R. Hedw.) Röll RL: LC 2 Funde
Selten; in eher frischen Wäldern auf Erde und übererdeten Kalkfelsen; beide Funde im Schärersgraben westlich Hallau.

Oxyrrhynchium speciosum (Brid.) Warnst. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (2008) durch Alfons Schäfer-Verwimp bei Stein am Rhein in einem Schilfbestand.

Palustriella commutata aggr. RL: NE 6 Funde
Zerstreut; an Tuffstellen und in kalkreichen Flachmooren; sowohl *Palustriella commutata* s.str. als auch *Palustriella falcata* sind nachgewiesen.

Paraleucobryum longifolium (Hedw.) Loeske — RL: LC — 1 Fund
Ein Fund (1996; bestätigt 2014) in der Schneeschmelzi auf dem Südranden auf einem Quarzitblock (Grauer Stein), der während der Risseiszeit vor ca. 200'000 Jahren dort abgelagert wurde.

Phascum cuspidatum Hedw. — RL: LC — 17 Funde
Sehr häufig; in Stoppelfeldern, Brachstreifen, offenerdigen Stellen in Wiesen, Rebbergen.

Philonotis calcarea (Bruch & Schimp.) Schimp. — RL: LC — 1 Fund
Ein Fund (2012) in der Lättgrueb bei Thayngen an einer quelligen Stelle.

[2]*Philonotis marchica* (Hedw.) Brid. — RL: CR — 1 Fund
Ein Fund (2011) im Färberwiesli in einem kleinen Flachmoor. Die Art ist im Färberwiesli nicht häufig, es wurden nur einzelne Sprösschen gefunden (Bergamini et al. 2013).

Physcomitrium pyriforme (Hedw.) Bruch & Schimp. — RL: LC — 5 Funde
Zerstreut; in Rebbergen und Stoppelfeldern.

Plagiomnium affine (Funck) T. J. Kop. — RL: LC — 5 Funde
Zerstreut; vor allem in Fichtenwäldern auf humoser, kalkarmer Erde.

Plagiomnium cuspidatum (Hedw.) T. J. Kop. — RL: LC — 11 Funde
Verbreitet; in Wäldern auf Kalkfelsblöcken und am Grunde von Laubbäumen (Bergahorn, Esche).

Plagiomnium elatum (Bruch & Schimp.) T. J. Kop. — RL: LC — 1 Fund
Ein Fund (2014) unterhalb vom Schlossholz in einem Grossseggenried.

Plagiomnium rostratum (Schrad.) T. J. Kop. — RL: LC — 14 Funde
Verbreitet; in schattigen, frischen Wäldern auf Kalkfelsen, Totholz und Erde; ein Fund in einem schattigen Hinterhof in der Schaffhauser Altstadt.

Plagiomnium undulatum (Hedw.) T. J. Kop. — RL: LC — 15 Funde
Sehr häufig; in schattigen, frischen Wäldern, auf übererdeten Felsen, in frischen Wiesen.

Plagiopus oederianus (Sw.) H. A. Crum & L. E. Anderson — RL: LC — 2 Funde
Selten; schattige Kalkfelsen in Wäldern.

Plagiothecium cavifolium (Brid.) Z. Iwats. — RL: LC — 2 Funde
Selten; an schattigen, offenerdigen und kalkarmen Stellen in Wäldern.

Plagiothecium denticulatum (Hedw.) Schimp. — RL: LC — 3 Funde
Selten; in Wäldern auf Totholz und kalkarmer Erde in eher schattigen Lagen.

Plagiothecium laetum Schimp. — RL: NE — 4 Funde
Zerstreut; in schattigen Wäldern auf kalkarmer Erde an Wegborden und auf Wurzeltellern.

Plagiothecium nemorale (Mitt.) A. Jaeger — RL: LC — 7 Funde
Zerstreut; in schattigen Wäldern auf kalkarmer Erde und auf Totholz.

Plagiothecium undulatum (Hedw.) Schimp. — RL: LC — 1 Fund
Ein Fund (1982) durch Alfons Schäfer-Verwimp am Nordwestabhang beim Wiesholz; unter Fichten auf Humus (Schäfer-Verwimp 1984).

Plasteurhynchium striatulum (Spruce) M. Fleisch. — RL: LC — 3 Funde
Zerstreut; an halbschattigen bis schattigen Kalkfelsblöcken.

Platygyrium repens (Brid.) Schimp. RL: LC 7 Funde
Verbreitet; normalerweise in Wäldern; meist epiphytisch auf Laubbäumen (Buche, Linde, Eiche, Bergahorn), selten auf Totholz; ein Mal auf einem alten Gartenzaun.

Pleuridium acuminatum Lindb. RL: LC 5 Funde
Zerstreut; auf kalkarmer Erde an oftmals gestörten Stellen in Wäldern wie Schlagflächen oder Wurzeltellern.

Pleurozium schreberi (Brid.) Mitt. RL: LC 6 Funde
Zerstreut; meist in Fichtenwäldern, aber auch in Laubwäldern auf kalkarmen Böden; auf Humus und Nadelstreu.

Pohlia cruda (Hedw.) Lindb. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (1982) durch Alfons Schäfer-Verwimp auf dem Chroobach südöstlich Ramsen an einer Hohlwegböschung im Mischwald.

Pohlia lutescens (Limpr.) H. Lindb. RL: NT 2 Funde
Selten; lehmige, kalkarme Erde an gestörten Stellen in Wäldern wie Wurzeltellern oder Fahrrillen.

Pohlia melanodon (Brid.) A. J. Shaw RL: NT 1 Fund
Ein Fund (1999) durch Edi Urmi an verwittertem Molasse-Sandstein am Rheinufer südlich Rüdlingen.

Pohlia nutans (Hedw.) Lindb. subsp. *nutans* RL: LC 2 Funde
Selten; auf kalkarmer Erde in halb-schattigen Wäldern.
Beide Funde zusammen mit *Leucobryum glaucum*.

Pohlia wahlenbergii (F. Weber & D. Mohr) A. L. Andrews RL: LC 4 Funde
Zerstreut; auf feuchter, lehmiger Erde in Wäldern an gestörten Stellen wie z. B. Traktorspuren.

Polytrichum aloides Hedw. RL: LC 5 Funde
Zerstreut; auf kalkarmer Erde in Wäldern; meist an Wegborden.

Polytrichum commune Hedw. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (2011) auf torfiger Erde bei Rüdlingen im Gebiet Güllen zusammen mit *Sphagnum palustre*.

Polytrichum formosum Hedw. RL: LC 11 Funde
Häufig; auf kalkarmer Erde in Wäldern, selten auch auf Totholz.

Polytrichum juniperinum Hedw. RL: LC 3 Funde
Selten; auf kalkarmer Erde in Wäldern an Wegböschungen und auf Wurzeltellern.

[2]*Polytrichum nanum* Hedw. RL: CR 4 Funde
Letzter Fund im Kanton Schaffhausen 1882 durch Conrad Sulger Büel; zu suchen an kalkarmen, halbschattigen Wegborden im Wald.

Polytrichum urnigerum Hedw. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (2011) im Färberwiesli auf offener, lehmiger Erde.

[2]*Protobryum bryoides* (Dicks.) J. Guerra & M. J. Cano RL: CR 2 Funde
Selten; an offenerdigen Stellen in Rebbergen und ein Mal auf dem Mittelstreifen eines Feldweges (siehe auch Bergamini et al. 2011).

Pseudocrossidium hornschuchianum (Schultz) R. H. Zander RL: LC 8 Funde
Verbreitet; an offenerdigen Stellen in Rebbergen, Wiesen und in Pflasterritzen in der Schaffhauser Altstadt.

Pseudoleskeella catenulata (Schrad.) Kindb. RL: NE 2 Funde
Selten; ein Mal auf einer Föhrenwurzel, ein Mal auf Beton.

Pseudoleskeella nervosa (Brid.) Nyholm RL: LC 4 Funde
Zerstreut; auf Laubbäumen (Buche, Esche) in Wäldern und ein Mal in einem Rebberg.

Pseudoscleropodium purum (Hedw.) M. Fleisch. RL: LC 13 Funde
Häufig; in lichten bis halbschattigen, frischen Wäldern, Wiesen, teilweise in verbrachenden Flachmooren.

Pseudotaxiphyllum elegans (Brid.) Z. Iwats. RL: LC 4 Funde
Selten; auf kalkarmer Erde in Wäldern; oft an Wegborden.

Pterigynandrum filiforme Hedw. RL: LC 15 Funde
Verbreitet; in Laubwäldern vor allem auf Buche, aber auch auf Bergahorn und Eiche.

[4]*Pterygoneurum ovatum* (Hedw.) Dixon RL: VU 1 Fund
Ein Fund durch Jean Jacques Vetter wahrscheinlich in der Umgebung von Siblingen; der Fund ist nicht datiert, stammt aber sicher aus dem 19. Jahrhundert.

Ptilium crista-castrensis (Hedw.) De Not. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (1985) durch Richard Bolli im Haspeltobel auf einem liegenden Baumstamm.

Pylaisia polyantha (Hedw.) Schimp. RL: LC 8 Funde
Verbreitet; auf freistehenden Bäumen, in Auenwäldern und in Rebbergen; auf Laubbäumen.

Racomitrium canescens aggr. RL: NE 3 Funde
Selten; an meist lichtreichen Stellen; je ein Mal in einer Bohnerzgrube, auf einer Schafweide (auf dem vorderen Geissberg, mittlerweile überbaut) und an einem Wegbord im Wald; bei zwei Funden handelt es sich klar um *Racomitrium canescens* (Hedw.) Brid. subsp. *canescens*.

Racomitrium heterostichum aggr. RL: LC 1 Fund
Ein Fund (1994) in der hinteren Promenade bei Schaffhausen auf einem morschem Gartenzaunbrett; mittlerweile verschwunden, da der Zaun ersetzt wurde.

Rhizomnium punctatum (Hedw.) T. J. Kop. RL: LC 12 Funde
Verbreitet; in Wäldern; meist auf morschem Holz, aber auch auf feuchter Erde und übererdeten Kalkblöcken in schattigen Lagen; oft fertil.

Rhodobryum ontariense (Kindb.) Kindb. RL: LC 6 Funde
Zerstreut; in Wäldern; meist halbschattige Lagen auf übererdeten Kalkfelsen und auf flachgründiger, humoser Erde; 2014 ein Fund mit Sporophyten (letzter Fund mit Sporophyten in der Schweiz 1964).

Rhodobryum roseum (Hedw.) Limpr. RL: LC 3 Funde
Selten; auf humoser Erde, in schattigen, frischen Lagen zwischen Hochstauden, auf Waldlichtungen und an feuchten Wegborden.

Rhynchostegiella tenella (Dicks.) Limpr. RL: LC 6 Funde
Zerstreut; auf Kalk- und Nagelfluhfelsen; schattig bis halbschattig wachsend.

Rhynchostegiella teneriffae (Mont.) Dirkse & Bouman — RL: NE — 1 Fund
Ein Fund (2014) im Tobel am nördlichen Ende der Flüelihalde auf feuchtem, schattigem Kalkfelsen am Grunde des Tobels am Bach.

Rhynchostegium confertum (Dicks.) Schimp. — RL: LC — 1 Fund
Ein Fund (1982) durch Alfons Schäfer-Verwimp am Hohenklingen auf einem Nagelfluhblock.

Rhynchostegium murale (Hedw.) Schimp. — RL: LC — 11 Funde
Häufig; auf frischen, meist schattigen Kalkfelsen in Wäldern (oft Schluchtwälder).

Rhynchostegium riparioides (Hedw.) Cardot — RL: LC — 14 Funde
Verbreitet; an nassen Felsen; am Rhein, an Bächen und an Brunnen; mehr als die Hälfte der Funde stammen vom Rheinfall.

Rhytidiadelphus loreus (Hedw.) Warnst. — RL: LC — 7 Funde
Verbreitet; meist in Fichtenwäldern; auf humoser Erde, Streu und morschem Holz.

Rhytidiadelphus squarrosus (Hedw.) Warnst. — RL: LC — 8 Funde
Sehr häufig; auf Wiesen, in Waldlichtungen, an Wegböschungen, in Parkanlagen und schattigen Zierrasen; die Zahl der Funde widerspiegelt hier die tatsächliche Häufigkeit besonders schlecht.

Rhytidiadelphus triquetrus (Hedw.) Warnst. — RL: LC — 42 Funde
Sehr häufig; in lichten Wäldern, an Waldrändern, in Trockenwiesen, auf übererdeten Kalkblöcken und ein Mal in einem verbrachenden Flachmoor.

Rhytidium rugosum (Hedw.) Kindb. — RL: LC — 9 Funde
Verbreitet; in Trockenwiesen und an sonnigen Waldrändern.

Schistidium apocarpum aggr. — RL: NE — 15 Funde
Sehr häufig; an sonnigen bis halbschattigen Kalk- und Nagelfluhfelsen sowie auf Beton. Dem *Schistidium apocarpum*-Aggregat gehören in der Schweiz 19 Arten an. Diese sind schwierig zu unterscheiden und wurden im Kanton Schaffhausen bisher nur wenig studiert. Folgende Arten wurden bis jetzt festgestellt: *Schistidium apocarpum* s.str. (1 Fund, 1863), *Schistidium crassipilum* H. H. Blom (5 Funde), *Schistidium elegantulum* H. H. Blom subsp. *elegantulum* (1 Fund), *Schistidium helveticum* (Schkuhr) Deguchi (2 Funde). Zur Häufigkeit dieser Arten bei uns lassen sich noch keine Aussagen machen.

Schistidium trichodon (Brid.) Poelt — RL: LC — 2 Funde
Einzige Funde 1905 und 1906 durch Max Lande im Ergoltingertal und beim Schweizersbild.

Sciuro-Hypnum oedipodium (Mitt.) Ignatov & Huttunen — RL: DD — 3 Funde
Häufigkeit unklar; die Art ist schlecht bekannt und wurde auch gesamtschweizerisch nur wenig gesammelt. Verwechslungen sind zudem nicht auszuschliessen.

Sciuro-Hypnum populeum (Hedw.) Ignatov & Huttunen — RL: LC — 4 Funde
Wahrscheinlich verbreitet trotz der wenigen Funde; in Wäldern in schattigen Lagen auf Gestein oder auch epiphytisch (Stammfuss).

Sciuro-Hypnum reflexum (Starke) Ignatov & Huttunen — RL: LC — 1 Fund
Ein Fund (2003) auf Totholz in einem Buchenwald auf dem Wirbelberg.

Scorpidium cossonii (Schimp.) Hedenäs Selten; ein Fund von Frymann (1894) mit der Angabe «ripa Rheni sub Schaffhausen»; die beiden anderen aus dem Jahr 2011 aus dem *Moos* bei Ramsen, einem kalkreichen Flachmoor. Dort kommt die Art in einer sehr grossen Population vor.	RL: LC	3 Funde
Seligeria campylopoda Kindb. Ein Fund (2014) im Tobel nördlich der Flüelihalde in einem Schluchtwald auf schattigen, niederen Kalkblöcken; dabei handelt ist sich um den einzigen rezenten Fund in der Schweiz; die Art wurde zuvor in der Schweiz nur einmal 1924 in der Nähe von Neuenburg gesammelt.	RL: -	1 Fund
Seligeria donniana (Sm.) Müll.Hal. Selten; in luftfeuchten Wäldern in Schluchten; an schattigen Kalkfelsen.	RL: LC	2 Funde
Seligeria pusilla (Hedw.) Bruch & Schimp. Zerstreut; in luftfeuchten Wäldern, meist in Schluchten; an schattigen Kalkfelsen.	RL: LC	6 Funde
Seligeria recurvata (Hedw.) Bruch & Schimp. Zerstreut; in nordexponierten Wäldern oder in Schluchten; an schattigen Kalkfelsen oder auch an Steinen auf dem Waldboden.	RL: LC	5 Funde
Sphagnum centrale C. E. O. Jensen Selten; beide Funde im Wösterholz bei Schleitheim in einem feuchten Fichtenwald und einem Erlenbruchwald; in der Schweiz geschützt.	RL: LC	2 Funde
Sphagnum palustre L. subsp. *palustre* Selten; ein Fund im Wösterholz bei Schleitheim in einem Erlenbruchwald, der andere bei Rüdlingen im Gebiet Güllen in einer sumpfigen Stelle in einem Mischwald; in der Schweiz geschützt.	RL: LC	2 Funde
Sphagnum quinquefarium (Braithw.) Warnst. Selten; ein Fund im Wösterholz bei Schleitheim in einem nassen Fichtenwald; in der Schweiz geschützt.	RL: LC	1 Fund
Sphagnum russowii Warnst. Selten; ein Fund im Wösterholz bei Schleitheim in einem Erlenbruchwald; in der Schweiz geschützt.	RL: NT	1 Fund
Syntrichia calcicola J. J. Amann Zerstreut; zwei Mal auf Beton (Rheinuferbefestigung und Betontreppe in einem Rebberg), ein Mal auf einem alten Teersträsschen; alle Standorte sonnenexponiert.	RL: DD	3 Funde
Syntrichia montana Nees Zerstreut; auf Betomauern, betonierten Uferbefestigungen, Ziegeln, Kalkfelsblöcken.	RL: LC	11 Funde
Syntrichia papillosa (Wilson) Jur. Verbreitet; an freistehenden Bäumen (Pappeln, Obstbäume) in Parkanlagen, Alleen und Flussufern und in Rebbergen.	RL: LC	9 Funde
Syntrichia ruralis (Hedw.) F.Weber & D.Mohr Verbreitet; auf trockener Erde in Trockenwiesen, auf Mauern, in Rebbergen, auf Felsen und epiphytisch (Esche, Pappel); meist sonnige Standorte.	RL: LC	7 Funde

Syntrichia virescens (De Not.) Ochyra — RL: LC — 5 Funde
Verbreitet; freistehende Bäume (Obstbäume, Pappeln, Platanen), auch in lichten Auenwäldern auf Eschen.

Taxiphyllum wissgrillii (Garov.) Wijk & Margad. — RL: LC — 10 Funde
Zerstreut; in Wäldern an schattigen Kalk- oder Nagelfluhfelsen, auch an Kalksteinen auf dem Waldboden; meist schattig wachsend.

Tetraphis pellucida Hedw. — RL: LC — 11 Funde
Häufig; auf stark morschem Holz, selten auch auf Torf, in Wäldern.

Thamnobryum alopecurum (Hedw.) Gangulee — RL: LC — 17 Funde
Verbreitet; in Wäldern in luftfeuchten, schattigen Lagen an Kalkfelsen und epiphytisch auf Laubäumen (Buche, Esche, Eiche), meist im unteren Stammbereich.

Thuidium assimile (Mitt.) A. Jaeger — RL: LC — 4 Funde
Wahrscheinlich verbreitet; in lückigen Trockenwiesen, selten auch in lichten Wäldern.

Thuidium delicatulum (Hedw.) Schimp. — RL: LC — 1 Fund
Ein Fund (1982) durch Alfons Schäfer-Verwimp in einer Trockenwiese am Chapf bei Thayngen.

Thuidium recognitum (Hedw.) Lindb. — RL: LC — 4 Funde
Zerstreut; in lichten bis halbschattigen Wäldern über Kalkfelsen.

Thuidium tamariscinum (Hedw.) Schimp. — RL: LC — 24 Funde
Sehr häufig; in verschiedenen Waldgesellschaften, in halbschattigen bis schattigen Lagen auf Waldboden, morschem Holz und selten auch epiphytisch im unteren Stammbereich; bildet teilweise grosse Teppiche.

Timmia bavarica Hessl. — RL: LC — 1 Fund
Ein Fund (1984) durch Alfons Schäfer-Verwimp auf Kalkfelsen unterhalb Underi Psetzi zwischen Herblingen und Thayngen.

Tomentypnum nitens (Hedw.) Loeske — RL: LC — 1 Fund
Ein Fund (2011) im kalkreichen Flachmoor Moos bei Ramsen.

Tortella inclinata (R.Hedw.) Limpr. — RL: LC — 3 Funde
Zerstreut; auf offenen, lichtreichen und trockenen Böden in Kiesgruben, Trockenrasen; auch in Mauerritzen.

Tortella tortuosa (Hedw.) Limpr. — RL: LC — 7 Funde
Häufig; meist in lichten Wäldern auf Kalkfelsen und skelettreicher Erde, aber auch in Kiesgruben und auf Mauern.

[4]*Tortula lanceola* R. H. Zander — RL: VU — 7 Funde
Selten; offene Erde in Rebbergen und lückigen Trockenwiesen.

Tortula modica R. H. Zander — RL: LC — 14 Funde
Zerstreut; offene Erde in Rebbergen und lückigen Trockenwiesen.

Tortula mucronifolia Schwägr. — RL: LC — 1 Fund
Ein Fund (1995) durch Renate Lübenau-Nestle oberhalb Löhningen in einem Buchenwald über Steinen.

Tortula muralis Hedw. subsp. *muralis* — RL: LC — 18 Funde
Sehr häufig; auf Betonmauern und Kalk- und Nagelfluhfelsen, meist sonnenexponierte Standorte.

Tortula subulata aggr. Zerstreut; in Wäldern auf meist etwas lehmiger Erde an Wegborden, Wurzelteller. Das Aggregat umfasst die beiden Arten *Tortula subulata* s.str und *Tortula schimperi*. Es ist zurzeit nicht bekannt, ob beide Arten im Kanton Schaffhausen vorkommen.	RL: LC	4 Funde
Tortula truncata (Hedw.) Mitt. Verbreitet; in Stoppelfeldern und in Rebbergen; offene, nährstoffreiche, frische Erde.	RL: LC	6 Funde
Trichodon cylindricus (Hedw.) Schimp. Ein Fund (2012) auf einem Wurzelteller im Buechbüel bei Neuhausen auf saurer Erde zusammen mit *Polytrichum juniperinum*.	RL: LC	1 Fund
Trichostomum crispulum Bruch Ein Fund (2002) auf dem Steineggerfels, einem Kalkfelsen, am nördlichen Ende des Längenbergs.	RL: LC	1 Fund
Ulota bruchii Brid. Häufig; in Wäldern meist auf Laubbäumen (Buche, Esche), ein Mal auf einer Lärche.	RL: LC	10 Funde
Ulota crispa (Hedw.) Brid. Häufig; in Wäldern meist auf Laubbäumen (Buche, Esche, Eiche, Linde), ein Mal auf einer Lärche.	RL: LC	11 Funde
Weissia controversa Hedw. Zerstreut; auf offener Erde an lichtreichen bis halbschattigen Böschungen in Wäldern und an Waldrändern.	RL: LC	6 Funde
Weissia longifolia Mitt. Selten; lückige Stellen in Trockenwiesen.	RL: NT	4 Funde
[2]*Weissia rutilans* (Hedw.) Lindb. Ein Fund von Jean-Jacques Vetter bei Schleitheim; wahrscheinlich Mitte des 19. Jahrhunderts gesammelt (Amann et al. 1918). Da die Arten der Gattung *Weissia* oft schwierig zu bestimmen sind, sollte dieser Beleg bei Gelegenheit überprüft werden.	RL: CR	1 Fund
[4]*Zygodon rupestris* Lorentz Zerstreut; in Wäldern an Laubbäumen (Buche, Eiche, Esche) und in Streuobstwiesen.	RL: VU	7 Funde

9 Glossar

aggr. Aggregat; nahe verwandte Arten, die schwierig zu unterscheiden sind, werden oftmals in Aggregaten oder Artengruppen zusammengefasst.

Antheridien männliche Gechlechtsorgane der Moose

Archegonien weibliche Geschlechtsorgane der Moose

Assimilation gemeint ist die Kohlenstoffassimilation oder die Photosynthese. Dabei wird Kohlendioxid (CO_2) mittels Lichtenergie in Kohlenhydrate (Zucker) umgewandelt. Dieser Prozess spielt sich in den Chloroplasten ab.

Bryologie Mooskunde

Chloroplasten Zellorganellen, in denen sich die Photosynthese abspielt.

endemisch für Arten, die nur in einem eingeschränkten Gebiet vorkommen (z. B. nur auf einer bestimmten Insel oder nur in den Alpen)

epiphytisch für Arten, die auf anderen Pflanzen wachsen (z. B. auf der Borke der Bäume)

Gametangien Organe, in denen die Gameten (Eizellen oder Spermatozoiden) gebildet werden; Oberbegriff für Antheridien und Archegonien.

Gametophyt die gametangienbildende, haploide Generation; die eigentlichen grünen Moospflänzchen

Gefässpflanzen zusammenfassend für Farne und Samenpflanzen

Habitat Lebensraum

haploid nur mit einem einfachen Chromosomensatz ausgestattet (z. B. die Gametophyten der Moose)

diploid mit einem doppelten Chromosomensatz ausgestattet (z. B. die Sporophyten der Moose)

einhäusig männliche und weibliche Geschlechtsorgane befinden sich auf der gleichen Pflanze

klonales Wachstum rein vegetatives Wachstum; durch wiederholte Verzweigung können grosse Flächen von einem einzigen Individuum eingenommen werden.

Kutikula eine aus Wachs bestehende Schutzschicht; schützt die Zellen bzw. den Pfanzenkörper vor Wasserverlust

Lichenologie Flechtenkunde

Meiose bestimmte Art von Zellteilung, bei der aus einer diploden Zelle vier haploide Tochterzellen entstehen; bei den Moosen enstehen die Sporen durch Meiose.

Neophyten gebietsfremde Pfanzen; Pflanzen, die sich in einem Gebiet etabliert haben, in dem sie zuvor nicht heimisch waren.

nival Schneestufe, in den Alpen ab ca. 3000–3300 m ü. M.

Papillen höckrige, solide Strukturen auf den Zellwänden

Peristom Zahnkranz um die Mündung der Laubmooskapsel

Phylogenie Stammesgeschichte; Rekonstruktion der evolutiven Entwicklung aller oder bestimmter Organismengruppen

Protonema Vorkeim der Moose; bei Laubmoosen aus einem Geflecht von verzweigten Zellfäden bestehend; bei Lebermoosen wenigzellig, nicht verzweigt; bei Hornmoosen kein Protonema

Rhizoide Würzelchen der Moose; bei Laubmoosen mehrzellig; bei Horn- und Lebermoosen einzellig

s. str. sensu strictiore; im engeren Sinn

Samenpflanzen umfassen die Nacktsamer (Gymnospermae) und die Bedecksamer (Angiospermae), also alle Gefässpflanzen ohne die Farne

Seta Stiel des Sporophyten

Spermatozoid männliche Keimzelle, mittels Geisseln zu eigenständiger Fortbewegung fähig

Sporophyt die sporenbildende, diploide Generation

Substrat Material, auf dem eine Pflanze wächst (z. B. Erde)

Sukzession Abfolge von Lebensgemeinschaften an einem Standort, d. h. Entwicklung über Pioniergesellschaften (z. B. Moose auf nacktem Fels) bis zur Klimaxgesellschaft, dem Endstadium der Vegetationsentwicklung.

Thallus ein nicht in Stängel und Blätter gegliederter Pflanzenkörper

urban städtisch, zur Stadt gehörend

zweihäusig männliche und weibliche Geschlechtsorgane befinden sich auf verschiedenen Pflanzen

10 Literatur

Im Folgenden sind nur die wichtigsten Werke und Berichte aufgeführt, die für dieses Neujahrsblatt verwendet wurden, sowie die wenigen Arbeiten, die im Text erwähnt oder im Florenkatalog zitiert werden. Daneben wurden viele weitere Fachartikel konsultiert, die hier nicht aufgeführt sind. Alle gemachten Aussagen werden entweder durch die aufgeführten Werke oder durch die konsultierten Fachartikel gestützt.

Amann J. 1928. Bryogéographie de la Suisse. *Matériaux pour la flore cryptogamique Suisse* 6: 1–453.

Amann J. & Meylan C. 1918. *Flore des Mousses de la Suisse. Tableaux synoptiques.* Herbier Boissier, Genève.

Amann J., Meylan C., & Culmann P. 1918. *Flore des Mousses de la Suisse. Deuxième partie: Bryogéographie de la Suisse.* Herbier Boissier, Genève.

Amann, J. 1933. Flore des mousses de la Suisse Vol. III – Révision et additions. *Matériaux pour la flore cryptogamique Suisse* 7: 1–186.

BAFU 2011. *Liste der National Prioritären Arten.* BAFU, Bern.

Bates J. W. & Farmer, A. W. 1992. *Bryophytes and Lichens in a Changing Environment.* Clarendon Press, Oxford.

Bergamini A., Müller N., Peintinger M., Schnyder N. & Stofer S. 2007. Die Wassermoosflora des Rheinfalls bei Schaffhausen im Vergleich zu den 1930er Jahren. *Botanica Helvetica* 117: 202–207.

Bergamini A., Hofmann H., Müller N., Schnyder N. & Meier M. 2008. Beiträge zur bryofloristischen Erforschung der Schweiz – Folge 3. *Meylania* 40: 44–52.

Bergamini A., Hofmann H., Schnyder N., Müller N., Peintinger M. & Lüth M. 2009. Beiträge zur bryofloristischen Erforschung der Schweiz – Folge 4. *Meylania* 42: 25–36.

Bergamini A., Schnyder N., Meier M., Müller N. & Hofmann H. 2010. Beiträge zur bryofloristischen Erforschung der Schweiz – Folge 5. *Meylania* 44: 8–21.

Bergamini A., Schnyder N., Steffen J., Müller N. & Schröder W. 2011. Beiträge zur bryofloristischen Erforschung der Schweiz – Folge 6. *Meylania* 46: 15–23

Bergamini A., Hofmann H., Schnyder N., Meier M. & Müller N. 2012. Beiträge zur bryofloristischen Erforschung der Schweiz – Folge 7. *Meylania* 48: 9–22.

Bergamini A., Bisang I., Eckstein J., Hájek M., Hájková P., Hedenäs L., Hofmann H., Lienhard L., Schnyder N. 2013. Beiträge zur bryofloristischen Erforschung der Schweiz – Folge 8. *Meylania* 50: 21–31.

Culmann P. 1901. Verzeichnis der Laubmoose des Kantons Zürich. *Mitteilungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft in Winterthur* 3: 3–79.

Frahm J.-P. 2001. *Biologie der Moose.* Spektrum, Heidelberg.

Glime J. M. 2007. *Bryophyte Ecology.* Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. http://www.bryoecol.mtu.edu/

Hilfiker H. & Bergamini A. 2005. Wassermoose am thurgauischen Rheinufer. *Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft des Kantons Zürich* 208: 204–208.

Isler-Hübscher K. 1980. Beiträge 1976 zu Georg Kummers «Flora des Kantons Schaffhausen mit Berücksichtigung der Grenzgebiete». *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen* 31: 7–121

Jaag O. 1938. Die Kryptogamenflora des Rheinfalls und des Hochrheins von Stein bis Eglisau. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen* 14: 1–158.

Kadereit J.W., Körner C., Kost B. & Sonnewald U. 2009. *Strasburger-Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften*. 37. Auflage. Springer, Berlin.

Kehlhofer E. 1915. *Beiträge zur Pfanzengeographie des Kantons Schaffhausen*. Kühn & Comp., Schaffhausen.

Kummer G. 1934. *Die Flora des Rheinfallgebiets*. Schoch, Schaffhausen.

Kummer G. 1945. Die Flora des Kantons Schaffhausens mit Berücksichtigung der Grenzgebiete, 7 Lfg. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen* 21: 75–194.

Lüth M. 2001. Seltene Felsmoose auf Dachziegeln. *Carolinea* 59: 45–52.

Lüth M. 2012. *Fissidens grandifrons* Brid. im Rheinfall bei Schaffhausen. *Meylania* 48: 7–8.

Meylan C. 1924. Les Hépatiques de la Suisse. *Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz* 6: 1–318.

Nebel M. & Philippi G. 2000–2005. *Die Moose Baden-Württembergs 1–3*, Ulmer, Stuttgart.

Schäfer-Verwimp A. 1980. Bryologische Beobachtungen am Schiener Berg. *Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg* 51/52: 437–450.

Schäfer-Verwimp A. 1984. Bryologische Beobachtungen am Schiener Berg (Westliches Bodenseegebiet) II. *Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg* 57/58: 523–531.

Schäfer-Verwimp A. 2009 Neue bemerkenswerte Moosfunde aus dem südlichen Baden-Württemberg, II. *Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg* 165/1: 187–234.

Schnyder N., Bergamini A., Hofmann H., Müller N., Schubiger-Bossard C. & Urmi E. 2004. *Rote Liste der gefährdeten Moose der Schweiz*. BUWAL, Bern.

Schofield W. B. 1985. *Introduction to Bryology*. MacMillan, New York.

Shaw A. J. & Goffinet B. 2009. *Bryophyte Biology*. 2. Auflage, Cambridge University Press, Cambridge.

Urmi E., Schubiger-Bossard C., Schnyder N., Müller N., Küchler M., Hofmann H. & Bisang I. 2007. *Zwei Jahrhunderte Bestandesentwicklung von Moosen in der Schweiz: Retrospektives Monitoring für den Naturschutz*. Haupt, Bern.

Urmi E., Schubiger-Bossard C., Schnyder N., Müller N., Lienhard L., Hofmann H. & Bisang I. 1996. *Artenschutzkonzept für die Moose der Schweiz*. BUWAL, Bern.

Vanderpoorten A. & Goffinet B. 2009. *Introduction to Bryophytes*. Cambridge University Press, Cambridge.