

Zeitschrift: Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen
Band: 75 (2023)

Artikel: Farne im Kanton Schaffhausen
Autor: Holderegger, Rolf / Büttner, Michèle
Kapitel: 2: Farne, Schachtelhalme und Bärlappe
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1035095>

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: 08.02.2026

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

2. Farne, Schachtelhalme und Bärlappe

2.1 Farne sind alte Landpflanzen

Zu den «Farnen» im weiteren Sinne gehören die Farne, Schachtelhalme und Bärlappe (Abb. 4). Früher sprach man von «Farnen und Farnverwandten», das erste waren die echten Farne, das zweite die Schachtelhalme und Bärlappe. Heute hingegen – schon länger vermutet und inzwischen durch molekulargenetische Untersuchungen bestätigt – gelten die Bärlappe als eigene, von den Farnen unabhängige Gruppe (Moran 2004). Darum spricht man heute von zwei Gruppen, den «Bärlappen» und den «Farnen», letztere mitsamt den Schachtelhalmen. Der Stammbaum in Abbildung 5 zeigt, dass die Bärlappe die Schwestergruppe zu den Farnen und allen Blütenpflanzen sind. Da diese Verwandtschaftsverhältnisse kompliziert sind, machen wir es uns in diesem Neujahrblatt einfach: Ist allgemein von Farnen die Rede, dann meinen wir Farne, Schachtelhalme und Bärlappe zusammen. Reden wir von echten Farnen, dann sind nur die Farne im engeren Sinn gemeint, Schachtelhalme und Bärlappe behandeln wir dann separat.

Die ersten landbewohnenden Pflanzen vor 460–480 Millionen Jahren waren Moose (Demmerle und Stössel-Sittig 2014; Bergamini 2015). Moose besitzen keine speziellen Gefässe für die Leitung von Wasser und Nährstoffen



Abb. 4: Heutige Vertreter der Bärlappe, Schachtelhalme und Farne. Links: Moorbärlapp (*Lycopodiella inundata*; Oberurnen). Mitte: Der Riesen-Schachtelhalm ist der grösste Schachtelhalm der Schweiz (*Equisetum telmateia*; Schleithen). Rechts: Villars' Wurmfarne (*Dryopteris villarii*; Braunwald).

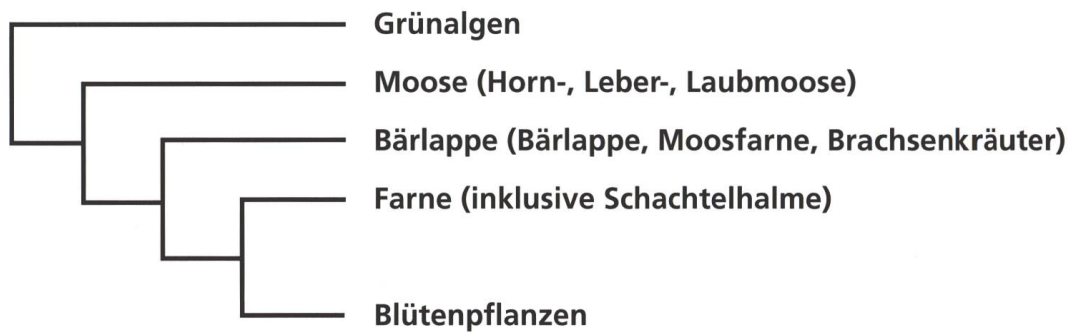


Abb. 5: Die Landpflanzen stammen von Grünalgen ab, die Moose bilden die Schwestergruppe zu allen anderen Landpflanzen, welche die Bärlappe, Farne und Blütenpflanzen umfassen. Die Bärlappe wiederum sind die Schwestergruppe zu den Farnen (mitsamt den Schachtelhalmen) und den Blütenpflanzen und schliesslich sind die Farne die Schwestergruppe zu den Blütenpflanzen.

oder Zucker, der bei der Photosynthese entsteht. Das setzt dem Höhenwachstum von Moosen enge Grenzen. Vor 430 Millionen Jahren entwickelten sich dann erste Pflanzen mit Leitgefässen. Diese ersten Gefässpflanzen zeigten Merkmale, wie sie die heutigen Bärlappe (Kapitel 2.4) besitzen: Sie waren gabelig verzweigt und in Sporangien wurden Sporen gebildet (Kapitel 2.2). Die Leitgefässe ermöglichten ihnen, viel grösser als Moose zu werden. Sinnbild für das mögliche Grössenwachstum dank Leitgefässen sind die heutigen Waldbäume, die Höhen von 100 m und mehr erreichen können. Die Ursprünge dieses erfolgreichen Bauplans aus Wurzeln, Spross, Blättern und Leitgefässen liegen aber vor 430 Millionen Jahren bei den ersten bärlappartigen Landpflanzen.

Die grosse Zeit der Bärlappe, Schachtelhalme und Farne folgte im Karbon vor 360 bis 300 Millionen Jahren, das auch als das «Zeitalter der Farne» bezeichnet wird (Moran 2004). Damals gab es ausgedehnte Sumpfwälder mit Bärlappen, Schachtelhalmen und Farnen. Bärlappbäume wurden bis zu 35 m hoch und besaßen einen dicken Stamm mit gabelig verzweigten Ästen, schopfförmig angeordneten Blättern («Schopfbäume») und zapfenartige Sporangienstände (Kapitel 2.4). Die Borke (umgangssprachlich: Rinde) dieser Stämme zeigte auffällige Strukturen: Es sind dies die Blattnarben abgeworfener Blätter. Diese Narben gleichen Schuppen («Schuppenbäume») oder Siegeln («Siegelbäume»; Abb. 6). Die Besonderheit der Bärlappbäume war, dass sie sekundäres Dickenwachstum aufwiesen; sie konnten also das ganze Leben lang in der Breite des Stammes zunehmen. Sekundäres Dickenwachstum zei-



Abb. 6: Fossile Bärlappbäume, Schachtelhalme und Farne aus dem Museum zu Allerheiligen in Schaffhausen. Oben links: Borke eines Bärlappbaums (*Lepidodendron* sp.). Oben rechts: Borke eines Siegelbaums (*Sigillaria* sp.). Unten links: Riesen-Schachtelhalm (*Calamites* sp.). Unten rechts: Blatt eines baumförmigen Farns (*Pecopteris* sp.).



Abb. 7: Links: Fossilien grosser Schachtelhalme finden sich auch im Kanton Schaffhausen, zum Beispiel bei Hallau. Sie stammen allerdings nicht aus dem Karbon, sondern sind etwas jünger. Rechts: Heutige Riesen-Schachtelhalme (*Equisetum giganteum*; Botanischer Garten Zürich) werden bis zu 7 m hoch.

gen auch unsere heutigen Bäume. Die Bärlappbäume haben also die gleiche «evolutive Erfindung» wie viel später die Bäume schon im Karbon gemacht. Allerdings ging diese Erfindung mit dem Aussterben der Bärlappbäume wieder verloren, denn heutige Bärlappe – wie Farne allgemein – haben (mit einer Ausnahme; Kapitel 2.4) kein sekundäres Dickenwachstum.

Auch die Schachtelhalme erreichten im Karbon gewaltige Grössen von bis zu 18 m (Abb. 6, 7). Die grössten heutigen Schachtelhalme leben in Süd- und Mittelamerika und erreichen selten Höhen von 7 m (*Equisetum giganteum*, *E. myriochaetum*; Abb. 7). Daneben gab es in den Sumpfwäldern des Karbons auch baumförmige Farne (Kapitel 2.2). Die Bärlappbäume der Sumpfwälder sind längst ausgestorben, aber ihre zusammengepressten und umgewandelten Überreste bilden den Hauptbestandteil der Steinkohle (Abb. 8). Bärlappbäume bildeten somit indirekt eine Voraussetzung für die Industrialisierung und werden noch heute zur Energiegewinnung in Kohlekraftwerken verbrannt.

Wenn Sie im Wald vor einem Farn stehen, dann begegnen Sie allerdings keinem «lebenden Dinosaurier». Es ist die Verwandtschaft der Farne, die alt ist, nicht die Arten selbst. Tatsächlich ist es sogar so, dass heutige Farnarten



Abb. 8: Steinkohle: Hinterlassenschaft der Sumpfwälder im Karbon.



Abb. 9: Der Königsfarn (*Osmunda regalis*; Chiavenna) mit seinen eigenartig gefiederten Blättern wächst in der Schweiz nur im Tessin.

oft jünger als heutige Arten der Blütenpflanzen sind, obwohl die Blütenpflanzen als Verwandtschaft jünger als die Farne sind (Pryer et al. 2001). Eine etwas paradoxe Situation. Es gibt allerdings Ausnahmen. Von Königsfarnen (*Osmunda*; Abb. 9) wurden hervorragend erhaltene Fossilien gefunden. Diese zeigen im Aufbau keine Unterschiede zu heutigen Königsfarnen (Bomfleur et al. 2014) und auch molekulargenetische Analysen (Schneider et al. 2015) legen nahe, dass es sich bei den heutigen Königsfarnen tatsächlich um 180 Millionen Jahre alte Arten handelt.

2.2 Echte Farne

Lebenszyklus

Den Lebenszyklus eines echten Farns zeigt Abbildung 10: Eine Farnpflanze besteht aus Wurzeln, einem Erdspross (Rhizom) und Blättern (auch Wedel genannt). Die Farnpflanze besitzt (in der Regel) einen zweifachen Satz an Chromosomen (diploid). Auf der Unterseite der Blätter werden die Sporen-

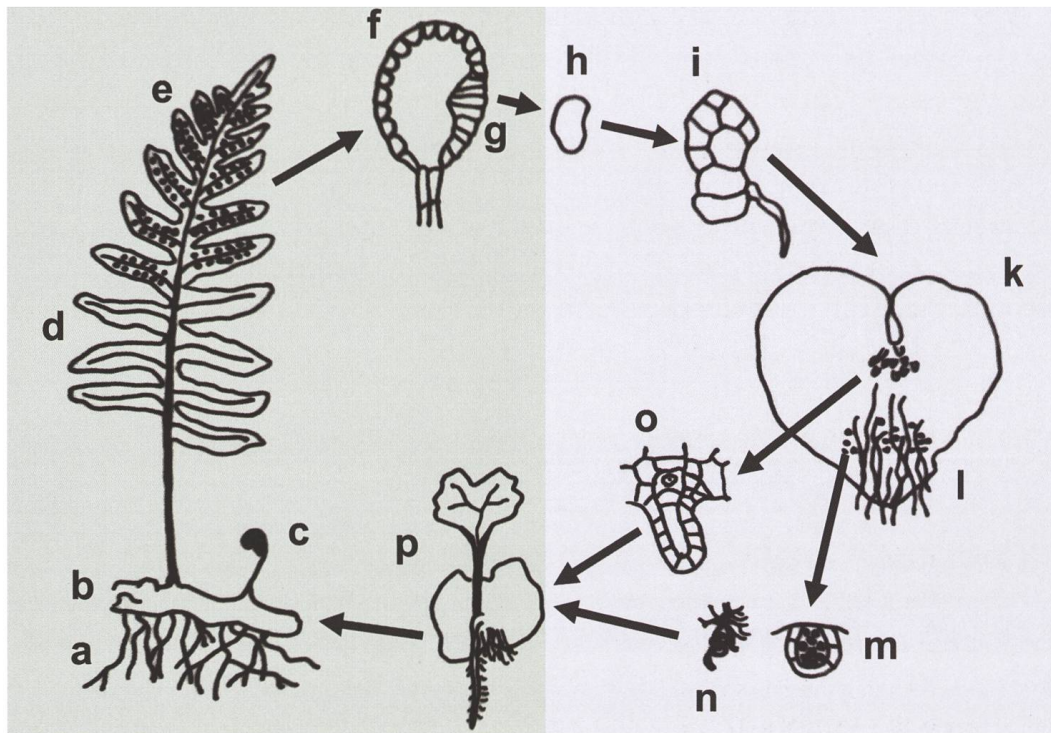


Abb. 10: Lebenszyklus eines Farns. Farn mit (a) Wurzeln, (b) Rhizom, (c) jungem eingerollten Blatt, (d) Blatt mit (e) Sporangienhäufchen (Sori) auf der Blattunterseite. In den Sori befinden sich die Sporangien (f). In den Sporangien werden die Sporen gebildet. Das Sporangium reißt an einer vorgebildeten Stelle (g) auf und streut die Sporen (h) in den Wind. Die Sporen keimen (i) und es entsteht ein herzförmiges Prothallium (k). Dieses ist mit Rhizoiden (l) am Boden befestigt. Auf der Unterseite des Prothalliums befinden sich die männlichen (m) und die weiblichen (o) Geschlechtsorgane. In den männlichen Geschlechtsorganen werden Spermatozoiden (n) gebildet, welche, bei vorhandenem Wasser, mit Hilfe von Geißeln zu einem weiblichen Geschlechtsorgan mit seiner Eizelle schwimmen. Nach der Befruchtung wächst aus dem Prothallium eine junge Farnpflanze mit einem ersten Blatt und einer ersten Wurzel heran (p). Grün: Teile des Lebenszyklus mit zweifachem Chromosomensatz; grau: Teile mit einfachem Chromosomensatz (verändert nach Rasbach et al. 1976).

gienthäufchen (Sorus, Mehrzahl Sori) gebildet. In den Sporangien werden die Sporen erzeugt. Diese enthalten nur einen einfachen Chromosomensatz (haploid). Wenn die Sporangien reif sind und aufplatzen, werden die Sporen vom Wind ausgebreitet. Die Sporen fallen zu Boden, keimen und es bildet sich ein herzförmiger Vorkeim, das Prothallium. Auf seiner Unterseite entwickeln sich männliche und weibliche Geschlechtsorgane, welche Spermatozoiden beziehungsweise Eizellen produzieren. Spermatozoiden können sich aktiv durch eine schraubige Drehbewegung von Geißeln bewegen. Ist der Boden nass, schwimmen die Spermatozoiden zu den weiblichen Geschlechtsorganen

und befruchten dort eine Eizelle. So entsteht die erste Zelle eines neuen Farns, jetzt wieder mit zweifachem Chromosomensatz (diploid). Schliesslich wachsen die ersten Wurzeln und Blätter der neuen Farnpflanze, das Prothallium stirbt ab und der Lebenszyklus beginnt von Neuem.

Die Besonderheit des Lebenszyklus der echten Farne – wie auch der Schachtelhalme und Bärlappe – besteht darin, dass er aus zwei voneinander unabhängigen Generationen besteht: dem Prothallium (mit einfachem Chromosomensatz) und der eigentlichen Farnpflanze (mit zweifachem Chromosomensatz). Das ist bei den Moosen und bei den Blütenpflanzen anders; dort sind die beiden Generationen nicht voneinander unabhängig (Kramer et al. 1995; Bergamini 2015). Im Folgenden werden die einzelnen Stationen des Lebenszyklus und der Aufbau von echten Farnen genauer betrachtet.

Rhizom und Wurzeln

Was wir oberirdisch von einem Farn wahrnehmen, sind die Blätter, der Spross befindet sich im oder am Boden (Abb. 11). Es handelt sich um einen Erdspross oder ein Rhizom. Dieses Rhizom kann kompakt und kurz (z. B. etwa 15 cm beim Breiten Wurmfarne, *Dryopteris dilatata*; Abb. 12) oder lang und schmal (z. B. bis 1 m beim Sumpffarne, *Thelypteris palustris*; Abb. 12) sein. Beim auf Bäumen epiphytisch wachsenden Tüpfelfarne (*Polypodium vulgare*) kriecht das kurze Rhizom über die Borke von Bäumen (Abb. 12; Kapitel 3.2). Bei kompakten Rhizomen sieht man von aussen allerdings nicht das eigentliche Rhizom, sondern die alten Blattbasen, welche das Rhizom bedecken (Abb. 12).



Abb. 11: Links: Kompaktes Rhizom und Blätter des Echten Wurmfarns (*Dryopteris filix-mas*; Neunkirch, Rhizom oben in Bildmitte erkennbar) mit einer Rosette von herunterhängenden Blättern an dessen Spitze. Mitte: Herbstlich gefärbte Blätter des Echten Wurmfarns (*D. filix-mas*; Höhrnen). Rechts: Wintergrüne Blätter des Gelappten Schildfarns (*Polystichum aculeatum*; Schleithem).



Abb. 12: Links: Kompaktes Rhizom des Breiten Wurmfarms (*Dryopteris dilatata*; Zürich) mit gut sichtbaren alten Blattbasen. Mitte links: Dünnes Rhizom des Sumpffarns (*Thelypteris palustris*; Zürich) mit einem dichten Geflecht von Wurzeln, Rhizomverzweigungen und jungen eingerollten Blättern. Mitte rechts: Beschupptes Rhizom mit Wurzeln des auch auf Bäumen wachsenden (epiphytischen) Tüpfelfarns (*Polypodium vulgare*; Schaffhausen) mit den Stielen von zwei ausgewachsenen Blättern und einem noch jungen eingerollten Blatt. Rechts: Wird ein solches Rhizom entschuppt, kommen die alten Blattnarben zum Vorschein.

Entlang des Rhizoms werden dünne Wurzeln gebildet. Das Rhizom wächst vorne weiter und stirbt hinten ab. Rhizome dienen der Leitung von Wasser, Nährstoffen und Zucker und zur Speicherung von Stoffen.

Rhizome können sich stark verzweigen. So entstehen dichte Herden von Farnen. Die einzelnen Farnpflanzen einer solchen Herde sind alle genetisch identisch, da sie vom gleichen Rhizom abstammen. Besonders berüchtigt ist diese Vermehrung durch Rhizomverzweigung beim Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*; Abb. 13). Seine Herden können im Durchmesser mehrere hundert Meter gross und über tausend Jahre alt sein (Kramer et al. 1995). In der



Abb. 13: Links: Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*; Wilchingen). Mitte links: Vom Adlerfarn vollständig überwucherte Weide bei Ardez. Mitte rechts: Baumfarne mit über 2 m grossen Blättern im Botanischen Garten Zürich. Rechts: Stamm eines Baumfarns mit alten Blattbasen und einem Filz aus Wurzeln, welche den aufrechtstehenden Spross umgeben (Botanischer Garten Zürich).

Schweiz sind aufgelassene Weiden in den Alpen und im Tessin oft ganz vom Adlerfarn überwachsen (Abb. 13).

Bei den vor allem in tropischen und subtropischen Gebieten vorkommenden Baumfarnen, die Höhen von über 10 m erreichen, steht der Spross aufrecht und bildet den inneren Teil des «Stamms», umgeben von einem dichten Geflecht von Wurzeln und von alten Blattbasen (Abb. 13).

Blätter

Am Rhizom werden jedes Jahr neue Blätter gebildet. Die jungen Blätter von Farnen sind eingerollt und werden von Spreuschuppen (ähnlich den Knospenschuppen bei Bäumen) geschützt. Im Frühling entrollen sie sich langsam und gleichen dann Bischofsstäben (Abb. 14). Dies ist ein typisches Merkmal der echten Farne.



Abb. 14: Links: Von Spreuschuppen geschützte Bischofsstäbe des Echten Wurmfarne (*Dryopteris filix-mas*; Lägern). Mitte links: Schneidet man einen Bischofsstab längs durch, wird das eingerollte junge Blatt sichtbar. Mitte rechts: Wie der mehrfach gefiederte Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*; Möriken) zeigt, sind auch die Fiedern erster und zweiter Ordnung eingerollt. Rechts: Selbst die Blätter des eigenartig gefiederten Nördlichen Streifenfarne (*Asplenium septentrionale*; Soglio) sind jung eingerollt.

Die Blätter der Farne können recht unterschiedlich aussehen. Bei den meisten einheimischen Farnen sind sie ein-, zwei-, dreimal oder mehrfach gefiedert (Abb. 15). Gar nicht gefiedert ist hingegen das Blatt der Hirschzunge (*Phyllitis scolopendrium*; Abb. 2, 15). Manche Arten haben Blätter, die sommergrün sind und im Winter absterben, andere sind wintergrün (Abb. 11, Kapitel 3.4). Und manchmal täuscht einen die Blattform oder auch der Name: Denn nicht

alles, was aussieht wie ein Farn oder wie ein Farn heisst, ist tatsächlich einer (Kasten 2).

Farnblätter werden im Vergleich zu Blütenpflanzen wenig von Tieren gefressen. Allerdings befallen Insekten wie Blattläuse oder Blattwespen durchaus Farne; Wanzen haben es auf die Sporangien auf den Blättern abgesehen. Farne besitzen oft Gift- und Gerbstoffe und ihr Festigungsgewebe ist hart. Deshalb werden sie von vielen Tierarten nicht gefressen. Bietet man Schnecken in einem Experiment einzig Farnblätter an, so fressen sie diese durchaus, sie bevorzugen aber ... Salat.



Abb. 15: Oben links: Einfach gefiedertes Blatt des Braunstielligen Streifenfarns (*Asplenium trichomanes*; Beringen). Oben Mitte: Zweifach gefiedertes Blatt des Buchenfarns (*Phegopteris connectilis*; Ramsen). Oben rechts: Dreifach gefiedertes Blatt des Breiten Wurmfarns (*Dryopteris dilatata*; Beringen). Unten links: Zwei- bis dreifach gefiedertes Blatt des im Süden der Schweiz vorkommenden Venushaar-Farns (*Adiantum capillus-veneris*; Soglio). Unten rechts: Ungefiedertes Blatt der Hirschzunge (*Phyllitis scolopendrium*; Küsnacht).



Kasten 2: Falsche Farne

Sie führen das Wort «Farn» zwar in ihrem Namen, doch Farne sind sie nicht: der Rainfarn (*Tanacetum vulgare*), der in Schaffhausen in Gärten oder Buntbrachen anzutreffen ist (Abb. 16); das Farnblättrige Läusekraut (*Pedicularis aspleniifolia*), eine Art der Ostalpen (Abb. 16); die Farnrauke (*Huegeninia tanacetifolia*); die Rainfarnblättrige Phazelle (*Phacelia tanacetifolia*); die Rainfarn-Wiesenschafgarbe (*Achillea distans*) oder der Dolden-Rainfarn (*Tanacetum corymbosum*). Bei all diesen Blütenpflanzen erinnert die Form der gefiederten Blätter an ein Farnblatt.



Abb. 16: Nach Farnen benannt. Links: Rainfarn (*Tanacetum vulgare*; Schaffhausen). Rechts: Farnblättriges Läusekraut (*Pedicularis aspleniifolia*; Vnà).

Sori

Auf der Unterseite der Blätter befinden sich die Sori. Das sind Sporangienhäufchen, in welchen die Sporen gebildet werden. Meist sind die Sori von einem Schleier bedeckt. Betrachtet man im Sommer oder Spätsommer die Unterseite eines Farnblatts, sind die Sori gut sichtbar.

Der Schleier hat die Funktion, die noch unreifen Sporangien zu schützen. Für die Bestimmung von Farnen ist die Form des Schleiers ein wichtiges Merkmal, er kann dabei ganz verschiedene Formen aufweisen: Es gibt streifenförmige (charakteristisch für «Streifenfarne»), nieren- beziehungsweise hufeisenförmige (typisch für Wurmfarne), schildförmige («Schildfarne»), bläschenförmige («Blasenfarne») und kommaförmige Schleier (Waldfarne).

Manchmal übernimmt der umgerollte Blattrand anstelle eines Schleiers den Schutz der Sporangien; bei einigen Arten fällt der Schleier früh ab, andere Arten besitzen gar keinen (Abb. 17).

Unter dem Schleier finden sich die Sporangien (Abb. 10, 17), in welchen durch Geschlechtsteilung (Meiose) die Sporen gebildet werden. In der Geschlechtsteilung wird der Chromosomensatz von zweifach zu einfach reduziert.

Im Spätsommer oder Herbst welken die Schleier und geben die reifen Sporangien frei. Die Sporangienköpfe reissen entlang einer vordefinierten Struktur auf und die Sporen werden bei trockenem Wetter mit einem katapultartigen Schleudermechanismus wenige Millimeter vom Blatt weg in den Wind geschleudert.



Abb. 17: Formen von Sori. Links: Junge Sori mit grünem, nierenförmigen Schleier des Schuppigen Waldfarns (*Dryopteris affinis*; Beringen). Mitte links: Reifende Sori des Echten Wurmfarne (*D. filix-mas*; Stein am Rhein). Mitte rechts: Reife Sori des Echten Wurmfarne (*D. filix-mas*; Stein am Rhein). Die Schleier sind vertrocknet und geben die reifen Sporangien frei (die kleinen braunen Kügelchen sind die Sporangienköpfe). Rechts: Streifenförmige Sori der Hirschzunge (*Phyllitis scolopendrium*; Zürich). Die weissen Häutchen entlang der Sori sind die Schleier.

Fertile und sterile Blätter

Die sporangientragenden (fertilen) Blätter und die nicht-sporangientragenden (sterilen) Blätter oder Teilblätter sind meist, aber nicht immer, gleich gestaltet. Beim Königsfarn (*Osmunda regalis*) sind die Fiedern des obersten Teils des Blattes bis fast auf die Sori reduziert (Abb. 18). Beim Krausen Rollfarn (*Cryptogramma crispa*), der auf saurem Gestein in den Alpen vorkommt, ähneln die fertilen Blätter Petersilie (Abb. 18). Sehr verschieden sind die sterilen und fertilen Blätter des einfach gefiederten Rippenfarne (*Blechnum spicant*).

Die sterilen Blätter stehen waagrecht und fangen das Sonnenlicht ein. Die fertilen Blätter sind hingegen aufrecht gestellt, haben stark reduzierte Fiedern («Rippen»), die die Sporangien tragen, und entlassen die Sporen möglichst hoch über dem Waldboden in den Wind (Abb. 18). Eindrücklich ist das Beispiel des Straussfarns (*Matteuccia struthiopteris*), der gerne in Gärten angepflanzt wird. Seine sommergrünen, sterilen Blätter gleichen jenen des Echten Wurmfarne, die fertilen Blätter sind völlig anders gestaltet und ähneln «Straussenfedern» (Abb. 18). Sie bleiben über Winter stehen und streuen die Sporen aus.



Abb. 18: Oben links: Beim Königsfarn (*Osmunda regalis*; Botanischer Garten Zürich) sind nur die obersten Fiedern der Blätter sporanientragend. Oben Mitte: Krauser Rollfarn (*Cryptogramma crispa*; Susten) mit leicht verschiedenen sterilen und fertilen Blättern. Oben rechts: Rippenfarn (*Blechnum spicant*; Susten) mit aufrecht stehenden «Rippen» der fertilen Blätter. Unten links: Sommergrüne, sterile Blätter des Straussfarns (*Matteuccia struthiopteris*; Schaffhausen) im äusseren Kreis sowie ein noch kleines, fertiles Blatt im Innern. Unten Mitte: Fertile Blätter des Straussfarns (Schaffhausen). Unten rechts: Straussfarn beim Waldfriedhof Schaffhausen.

Sporen

Farne produzieren Unmengen an Sporen (Abb. 19), welche durch den Wind ausgebreitet werden. Für den Wald-Frauenfarn (*Athyrium filix-femina*) wurde pro Farnpflanze eine Anzahl von 20 bis 80 Millionen Sporen berechnet. Für Baumfarne (Abb. 13) mit ihren mehrere Meter grossen Blättern ist diese Zahl mit 30 Milliarden Sporen noch viel grösser (Kramer et al. 1995).

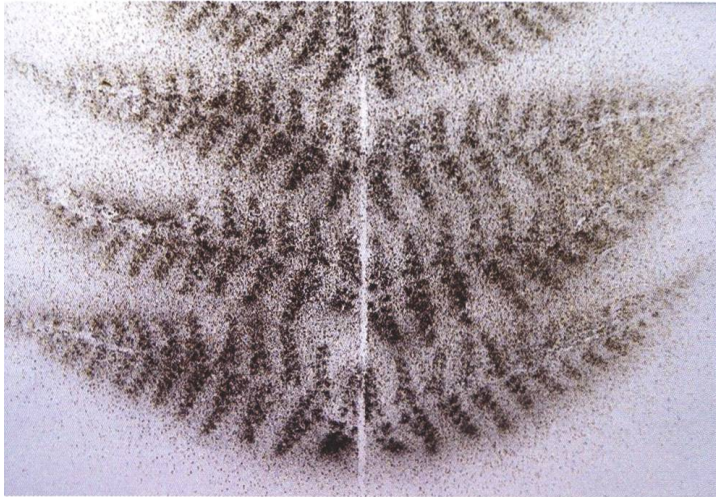


Abb. 19: Legt man ein Farnblatt mit reifen Sporangien mit der Unterseite auf ein Blatt Papier, landen die aus den Sporangien herausgeschleuderten Sporen auf diesem und bilden so die Umrisse des Farnwedels ab (Breiter Wurmfarne, *Dryopteris dilatata*; Zürich).

Farnsporen sind klein; in der Regel sind sie 30 Tausendstel Millimeter gross ($30\text{ }\mu\text{m}$). Saharastaub, welcher von Afrika bis nach Mitteleuropa geweht wird, ist im Vergleich bis zu 10 Tausendstel Millimeter ($\leq 10\text{ }\mu\text{m}$) gross. Obwohl Saharastaub also kleiner als Farnsporen sind, lässt dieser Vergleich doch erahnen, was an Ausbreitungsdistanzen bei Farnen möglich ist. Zwar erreichen die meisten Sporen nur kleine Distanzen von wenigen Metern, bevor sie zu Boden fallen, aber bei stärkerem Wind werden Farnsporen über grosse Distanzen, ja selbst zwischen Kontinenten, ausgebreitet (Moran 2004; Kapitel 3.4).

Prothallium

Fallen die Sporen an einen günstigen Ort, keimen sie aus und bilden einen grünen Vorkeim, das Prothallium (Abb. 20). Das Prothallium hat wie die Sporen einen einfachen Chromosomensatz, besitzt meist eine herzförmige Gestalt (Abb. 10), ist nur wenige Millimeter gross, eine Zellschicht dick und mit bräunlichen Zellfäden (Rhizoiden) im Boden befestigt. Diese Zellfäden funktionieren nicht als Wurzeln, sie dienen lediglich der Verankerung. Prothallien nehmen Wasser und Nährstoffe über ihre ganze Oberfläche auf und produzieren mittels Photosynthese Zucker. Prothallien findet man mit etwas Suchen im Herbst und Winter, beispielsweise auf Baumstrünken (Kapitel 3.1), Felsen oder auf offenem Boden ohne Laubstreu.

Auf der Unterseite des Prothalliums befinden sich die flaschenförmigen weiblichen und die kugeligen männlichen Geschlechtsorgane (Abb. 10). Die



Abb. 20: Oben links: Prothallien eines tropischen Farns (Botanischer Garten Zürich). Oben Mitte: Langlebige Prothallien des Nacktfarns (*Anogramma lepidophylla*; Naters), welche die trockenen Sommermonate mittels Knöllchen im Boden überdauern. Oben rechts: Die ersten zwei Blätter eines jungen Farns erheben sich über den Prothallien eines tropischen Farns (Botanischer Garten Zürich). Unten: Junge Farne auf einem Baumstrunk bei Neunkirch.

begeißelten männlichen Geschlechtszellen (Spermatozoiden) schwimmen bei Regen oder feuchtem Wetter wenige Zentimeter weit durch Wasser zu den weiblichen Geschlechtsorganen und befruchten die Eizelle. Sie werden durch einen chemischen Lockstoff, der von den weiblichen Geschlechtsorganen ausgeschieden wird, angelockt. Pro Prothallium wird nur eine Eizelle befruchtet, alle anderen sterben ab. Die Zellkerne des Spermatozoids und der Eizelle verschmelzen, so wird der Chromosomensatz wieder zweifach. Aus der befruchteten Eizelle wächst eine erste Wurzel und ein erstes kleines Blatt

(Abb. 10, 20), das Prothallium stirbt ab. Schliesslich bildet die junge Farnpflanze Wurzeln, Rhizom und Blätter aus und der Lebenszyklus beginnt von Neuem (Abb. 10, 20).

Prothallien besitzen in der Regel weibliche und männliche Geschlechtsorgane. Befruchten sich zwei Prothallien, die aus den Sporen von zwei verschiedenen Farnpflanzen entstanden sind, dann entspricht dies einer Fremdbefruchtung. Befruchten sich zwei Prothallien aus Sporen von der gleichen Farnpflanze, dann ist das eine Selbstbefruchtung. Befruchten aber Spermatozoiden die Eizellen des gleichen Prothalliums, dann kommt – genetisch gesprochen – zweimal «das genau Gleiche» zusammen und die Nachkommen-schaft ist genetisch völlig einheitlich. Diese extreme Form der Selbstbefruchtung gibt es bei Blütenpflanzen nicht. Sie bringt Farnen aber gewisse Vorteile: Mit einer einzigen Spore können neue Lebensräume besiedelt werden (Kap. 3.4).

Im Aufbau abweichende echte Farne

Unter den echten Farnen der Schweiz gibt es auch solche, die kaum an Farne erinnern. Es sind dies die Mondraute, die Gemeine Natterzunge und die «Wasserfarne». Bei den Mondrauten (*Botrychium*; Abb. 21) und der Gemeinen Natterzunge (*Ophioglossum vulgatum*; Abb. 21) leben die lappigen Prothallien unterirdisch und sind mit Pilzen vergesellschaftet, die ihnen Nährstoffe und Zucker liefern. Ihre Blätter sind zweigeteilt und bestehen aus einem sterilen Blattteil für die Photosynthese und einem fertilen Blattteil mit den Sporangien.

Von den «Wasserfarnen» kam der Schwimmfarn (*Salvinia natans*) früher bei Genf vor. Der nicht-einheimische Algenfarn (*Azolla filiculoides*; Abb. 21) hat sich in den letzten Jahren in der Schweiz eingebürgert; wahrscheinlich aus Aquarien im Freiland ausgesetzt. Beide Arten schwimmen auf der Oberfläche stehender oder langsam fliessender Gewässer und sind nicht im Boden verankert. Zu den grossen Raritäten der Schweizer Farnflora gehören der nur in wieder angesiedelten Beständen vorkommende Pillenfarn (*Pilularia globulifera*) und der Kleefarn (*Marsilea quadrifolia*), welcher noch bei Bonfol im Jura vorkommt (Abb. 21). Beide wachsen im Ufersaum von Gewässern mit schwankendem Wasserstand. Schwimm-, Algen-, Klee- und Pillenfarn weisen eine gemeinsame Besonderheit auf: Sie besitzen kleine männliche und grosse weibliche Sporen. Die aus den Sporen wachsenden Prothallien haben dementsprechend nur ein Geschlecht. Eine Befruchtung innerhalb des gleichen Prothalliums ist somit nicht möglich.



Abb. 21: Oben links: Die Echte Mondraute (*Botrychium lunaria*; Braunwald) ist in den Alpen weit verbreitet. Oben Mitte links: Gemeine Natterzunge (*Ophioglossum vulgatum*; Merishausen). Oben Mitte rechts und oben rechts: Im Herbst rotgefärbte Matten des nicht-einheimischen Algenfarns (*Azolla filiculoides*) auf einem Seitenkanal des Klingnauer Stausees. In inneren Kammern des Algenfarns leben Luftstickstoff-fixierende Blaualgen, weshalb der Algenfarn in Asien zur Gründüngung von Reisfeldern eingesetzt wird. Unten links: Der hier abgebildete nicht-einheimische Lästige Schwimmfarn (*Salvinia molesta*; Botanischer Garten Zürich) ist nahe mit dem früher bei Genf vorkommenden Gewöhnlichen Schwimmfarn (*S. natans*) verwandt und wird oft mit letzterem verwechselt. Unten Mitte links: Kleefarn (*Marsilea quadrifolia*; Bonfol). Unten Mitte rechts und unten rechts: Der nur wenige Zentimeter grosse Pillenfarn (*Pilularia globulifera*; Botanischer Garten Zürich) ist kaum als Farn erkennbar, wenn da nicht seine kugeligen Sporangien («Pillen») nahe der Bodenoberfläche wären.

Vielfalt und Lebensräume der echten Farne

Farne besiedeln ein breites Spektrum von Lebensräumen in der Schweiz (Abb. 22): Sie wachsen in Laub- und Nadelholzwäldern, auf trockenen, mageren Wiesen und Weiden, in Mooren, auf oder an Gewässern, an kalkfreien, kalkhaltigen oder gar schwermetallreichen Felsen, in Felsspalten oder Höhlen, auf Mauern, in Gärten, im Tiefland und über der Waldgrenze (Kapitel 3). Weltweit kommen rund 15 000 Arten von Farnen vor. Die grösste Artenvielfalt findet sich in tropischen Gebirgen und auf pazifischen Inseln (Kapitel 3.4). In der Schweiz kommen nur gerade 64 echte Farne vor und in dieser Zahl sind auch einige nicht-einheimische, verwilderte Arten eingeschlossen.



Abb. 22: Vielfalt und Lebensräume einheimischer Farne. Links oben: Dünablättriger Nacktfarn (*Anogramma leptophylla*) in einer Felsspalte bei Naters. Die Blätter sind nur wenige Zentimeter lang. Oben Mitte links: Keilblättriger Streifenfarn (*Asplenium cuneifolium*) auf schwermetallreichem Serpentin bei Davos. Oben Mitte rechts: Quell-Streifenfarn (*A. fontanum*) auf einer Mauer bei Sion. Oben rechts: Alpen-Blasenfarn (*Cystopteris alpina*) auf Felsen bei Braunwald. Unten links: Kamm-Wurmfarn (*Dryopteris cristata*) im Hochmoor bei Wetzikon. Unten Mitte links: Villars' Wurmfarn (*D. villarii*) im Kalkgeröll bei Braunwald. Unten Mitte rechts: Borstiger Schildfarn (*Polystichum setiferum*) auf schattigen Felsen in Flumserberg. Unten rechts: Südlicher Wimpernfarn (*Woodsia ilvensis*) im Blockschutt bei Zernez.

2.3. Schachtelhalme

Lebenszyklus

Schachtelhalme sind Farne (Abb. 5) – auch wenn sie ganz anders aussehen. Tatsächlich unterscheidet sich der Lebenszyklus der Schachtelhalme nur in Details von jenem der echten Farne. So sind die Sporen der Schachtelhalme grün und ihre Prothallien haben keine Herzform, sondern sind gelappt.

Aufbau

Schachtelhalme werden im Volksmund «Chatzeschwänz» oder «Rossschwänz» genannt, was auf ihre Gestalt verweist (Abb. 23, Kapitel 3.2): Oberirdisch bilden die Schachtelhalme grüne Sprosse, welche bei einigen Arten reich mit Seitenästen besetzt sind. «Schachtel»-Halm erinnert daran, dass der Spross schachtelartig aufgebaut ist. Jede «Schachtel» besteht aus einem Sprossglied, einem Knoten und einer grünlich bis schwarz-braunen Scheide mit Zähnen oder ohne Zähne (umgewandelte Blätter). Zieht man stark an einem Schachtelhalm-Spross, reißt dieser an den einzelnen Sprossgliedern. Die Seitenäste sind ebenfalls schachtelartig aufgebaut (Abb. 23). Nicht alle Schachtelhalme haben verzweigte oberirdische Sprosse (Abb. 23).

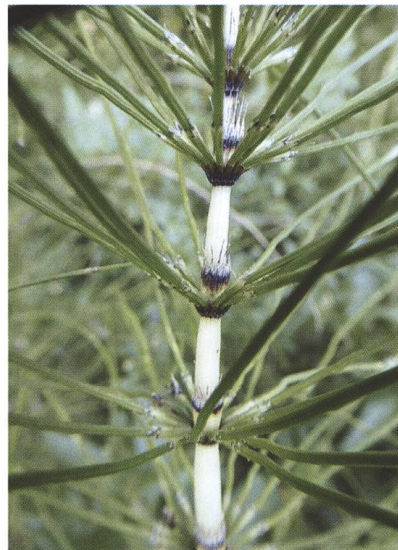


Abb. 23: Links: Sommergrüner, ästiger Schachtelhalm (Riesen-Schachtelhalm, *Equisetum telmateia*; Buchberg). Mitte: Beim Riesen-Schachtelhalm (*E. telmateia*; Schleithem) ist der schachtelartige Aufbau des Sprosses gut erkennbar: elfenbeinfarbige Sprossglieder und Knoten mit schwarz-weißer Scheide. Rechts: Wintergrüner Winter-Schachtelhalm (*E. hyemale*; Schleithem); die Sprosse sind vom Schnee flach auf den Waldboden gedrückt.



Abb. 24: Oben: Mit einer Rasierklinge lassen sich einfach Sprossquerschnitte durch einen Schachtelhalm anfertigen (Winter-Schachtelhalm, *Equisetum hyemale*; Botanischer Garten Zürich). Unten: Reifer Sporangienstand am Ende eines Sprosses eines Winter-Schachtelhalmes (*E. hyemale*; Botanischer Garten Zürich).

Der Spross eines Schachtelhalmes ist ausserordentlich funktional aufgebaut (Abb. 24): Der grosse, runde Kanal in der Mitte dient der Sauerstoff-Versorgung (Kapitel 3.5). Rund um diesen mittleren Kanal liegen kleinere Kanäle, dazwischen Leitgefässe sowie aussen ein geripptes Abschlussgewebe. Die Aussenrippen fühlen sich rau an, da die Zellwände mit Kieselsäure verstärkt sind. Dieser Sprossaufbau ist ein «technisches» Meisterwerk: Mit möglichst geringem Materialaufwand wird ein möglichst stabiler Spross gebildet (Rohr mit durchbrochener Wand), der gleichzeitig gut gegen Abknicken geschützt ist («Wellblech» der äusseren Hülle).

Unterirdisch besitzen Schachtelhalme Rhizome, die sich oft stark verzweigen, weshalb Schachtelhalme oberirdisch bisweilen grosse Herden bilden. Beim Winter-Schachtelhalm (*Equisetum hyemale*; Abb. 23) in Auen oder beim Riesen-Schachtelhalm (*E. telmateia*; Abb. 25) an feuchten Stellen sind diese Herden sehr auffällig.

Sporangien und Sporen

Die Sporen der Schachtelhalme werden in Sporangienständen (Strobilus, Mehrzahl Strobili) am Ende eines Sprosses gebildet (Abb. 24). Aussen sind die Sporangienstände von kleinen, eckigen Platten bedeckt. Unten an diesen Platten sind die sackartigen Sporangien befestigt. Werden die Sporen reif, schrumpfen die Platten, die Sporangien reissen auf und die Sporen werden freigegeben (Abb. 24).

Bei manchen Arten stehen die Sporangienstände am Ende eines gewöhnlichen



Abb. 25: Links oben: Fertile, braune Frühjahrssprosse des Acker-Schachtelhalms mit Sporangienständen (*Equisetum arvense*; Freienstein). Rechts oben: Grüne sterile Sommer-sprosse des Acker-Schachtelhalms (*E. arvense*; Thayngen). Links unten: Fertiler, grünlich-weißer Frühjahrsspross mit Sporangienstand des Riesen-Schachtelhalms (*E. telmateia*; Freienstein). Rechts unten: Herde der sommergrünen sterilen Sprosse des Riesen-Schachtelhalms (*E. telmateia*; Beggingen).

grünen Sprosses. Beim Acker-Schachtelhalm (*Equisetum arvense*) und beim Riesen-Schachtelhalm (*E. telmateia*) hingegen treiben im Frühling zuerst bräunlich bis grünlichweiße oberirdische Sprosse aus, die an ihrer Spitze Sporangienstände tragen. Sobald die Sporen ausgestreut sind, sterben diese fertilen Sprosse ab. Erst danach erscheinen die grünen sterilen Sprosse (Abb. 25).

Die Sporen der Schachtelhalme sind grün, sie enthalten Chlorophyll (Demmerle und Stössel-Sittig 2014) und können Photosynthese betreiben. Zur Keimung brauchen sie Sonnenlicht und da Chlorophyll schnell abgebaut wird, sind die grünen Sporen der Schachtelhalme kurzlebig; dies im Gegensatz zu den langlebigen, braun-schwarzen Sporen der echten Farne.

Vielfalt und Lebensräume der Schachtelhalme

Schachtelhalme wachsen in verschiedensten Lebensräumen: Der Acker-Schachtelhalm (*Equisetum arvense*) etwa ist ein lästiges Unkraut in Äckern (Kapitel 3.6), den Ästigen Schachtelhalm (*E. ramosissimum*) findet man in

trockenen Rebbergen, im Bahnschotter oder an sandigen Flussufern (Abb. 26; Kapitel 3.5) und den Schlamm-Schachtelhalm (*E. fluviatile*) in Teichen und Mooren.

Alle Schachtelhalmarten der Welt gehören zu einer einzigen, artenarmen Gattung (*Equisetum*): Weltweit gibt es nur 20 Arten. Diese sind meist weit, manchmal weltweit verbreitet. So kommt der Acker-Schachtelhalm (*E. arvense*) auf der Nordhalbkugel von der Arktis bis ans Mittelmeer vor. Er hat aber auch Gebiete der Südhalbkugel als dort nicht-einheimische Art besiedelt. In der Schweiz kommen neun Schachtelhalmarten und einige mehr oder weniger weit verbreitete Hybriden vor (Abb. 26; Kapitel 2.6, 3.5).



Abb. 26: Vielfalt der Formen und Lebensräume der Schachtelhalme in der Schweiz. Links: Ästiger Schachtelhalm (*Equisetum ramosissimum*; Botanischer Garten Zürich). Mitte links: Wald-Schachtelhalm (*E. sylvaticum*) in einem Fichtenforst bei Schleithelm. Mitte rechts: Bunter Schachtelhalm (*E. variegatum*) in einer Gebirgsaue bei Ardez. Rechts: Wiesen-Schachtelhalm (*E. pratense*) an einem feucht-schattigen Abhang in Susch.

2.4 Bärlappe

Die Bärlappe sind die Schwestergruppe zu den Farnen und den Blütenpflanzen (Abb. 5; Kapitel 2.1). Sie gliedern sich in drei, auf den ersten Blick recht verschiedene Gruppen: die eigentlichen Bärlappe, die Moosfarne und die Brachsenkräuter. Der Lebenszyklus dieser Gruppen ist allerdings jenem der echten Farne recht ähnlich.

Eigentliche Bärlappe:

Bärlappe haben einen oberirdischen, kriechenden Spross, an dem kleine, einfach gebaute Blätter und Wurzeln sitzen. Diese kriechenden Sprosse verzwei-



Abb. 27: Links: Aufbau des Keulenbärlapps (*Lycopodium clavatum*; Schwanden). Erkennbar sind die kleinen, spiralig angeordneten Blätter an den Sprossen und die Sporangienstände (beim Keulenbärlapp zwei bis drei pro Spross). Mitte: Sich verzweigende kriechende Sprosse des Keulenbärlapps (*L. clavatum*; Schwanden). Rechts: Der Tannenbärlapp (*Huperzia selago*; Ardez) bildet keine Sporangienstände, sondern die gelben Sporangien sitzen auf den obersten Blättchen der aufrechten Sprosse.

gen sich gabelig, so dass Bärlapp-Herden entstehen (Abb. 27). Am Ende aufrechter Seitensprosse finden sich die oft keulenförmigen Sporangienstände (Strobili). Diese sind aus kleinen Blättern aufgebaut, die jeweils ein Sporangium tragen. Bei anderen Arten sitzen die Sporangien einfach auf den obersten Blättern der Sprosse; es werden keine eigentlichen Sporangienstände gebildet (Abb. 27).

Die Prothallien der Bärlappe sind entweder grün und unregelmässig in ihrer Form oder sie sind lappig, weisslich und wachsen unterirdisch auf Pilzen (so wie bei den Mondrauten und Natterzungen; Kapitel 2.2). Diese unterirdischen Prothallien der eigentlichen Bärlappe können bis zu 15 Jahre alt werden.

Weltweit gibt es rund 400 Bärlapparten, wovon die meisten eine tropische Verbreitung aufweisen. In der Schweiz kommen nur sieben Arten und einige Hybriden vor (Kapitel 2.6). Bärlappe wachsen in der Schweiz gerne im Gebirgsnadelwald, in Zwergstrauchheiden oberhalb der Waldgrenze und in Mooren (Abb. 28).

Moosfarne

Moosfarne besitzen einen recht ähnlichen Aufbau wie Bärlappe. Sie haben einen kriechenden oder aufrechten (Abb. 29) Spross mit vielen kleinen Blättchen, welche an Moose erinnern. Am Ende von aufrechten Sprossen werden



Abb. 28: Vielfalt der Formen und Lebensräume bei eigentlichen Bärlappen in der Schweiz. Links: Der Tannenbärlapp (*Huperzia selago*; Ardez) bildet an den Sprossspitzen auffällige, löffelförmige Brutknospen. Diese dienen der asexuellen Vermehrung. Wird eine solche Brutknospe von einem Regentropfen getroffen, spickt sie vom Spross weg und wird so ausgebreitet. Mitte links: Der Moorbärlapp (*Lycopodiella inundata*; Oberurnen) bildet in Mooren oft Teppiche. Mitte rechts: Der Wald-Bärlapp (*Lycopodium annotinum*; Ardez) hat im Gegensatz zum Keulenbärlapp (*L. clavatum*) nur einen Sporangienstand pro Spross (Kapitel 3.1). Er findet sich im Fichtenwald oder am Rand von Mooren. Rechts: Der Alpen-Flachbärlapp (*Diphasiastrum alpinum*; Ardez) ist nur wenige Zentimeter gross. Er wächst in Zwergstrauchheiden oberhalb der Waldgrenze und bildet kompakte Sporangienstände aus.

mehr oder weniger deutliche Sporangienstände (*Strobili*) gebildet. Die Moosfarne bilden im Gegensatz zu den eigentlichen Bärlappen weibliche und männliche Sporen aus, ähnlich wie das die «Wasserfarne» bei den echten Farnen machen (Kapitel 2.2). Die männlichen Sporen sind dabei klein (weniger als 60 Tausendstel mm; 60 μm), gelblich bis rötlich gefärbt und werden vom Wind ausgebreitet. Die weiblichen Sporen sind weiss-gelblich und deutlich grösser (0.2–0.6 mm): Man kann sie von blossen Auge sehen. Diese grossen weiblichen Sporen werden nicht vom Wind, sondern mit Hilfe eines raffinierten Mechanismus ausgebreitet, bei welchem die weiblichen Sporen



Abb. 29: Tropischer Moosfarn mit aufrechten Sprossen (*Selaginella* sp.; Botanischer Garten Zürich).

wie Kanonenkugeln abgeschossen werden. Sie erreichen Distanzen bis zu 1 m. Aus den weiblichen und männlichen Sporen wachsen stark reduzierte weibliche oder männliche Prothallien: Die Prothallien können sich also nicht selbst befruchten.

Moosfarne besiedeln nicht nur feuchte, sondern auch sehr trockene Gebiete. Bekannt ist die «Falsche Rose von Jericho». Dies ist keine Rose, sondern ein Moosfarn (*Selaginella lepidophylla*) aus den Wüsten von Arizona, Texas und Mexiko. Die Rosetten dieses Moosfarns ziehen sich bei Trockenheit zu einer Kugel zusammen und überdauern so Dürreperioden. Regnet es, breitet sich die Rosette wieder aus und ergrünt. Bei uns kann man an Weihnachten die trockenen Moosfarnkugeln der Falschen Rose von Jericho in Blumenläden und Apotheken kaufen. Legt man die trockene Kugel ins Wasser, breitet sich der Moosfarn aus: ein Symbol für die Auferstehung im christlichen Glauben, aber auch ein eindruckliches Beispiel für Trockenschlaf bei Farnen (Kapitel 3.4).

Weltweit kommen rund 750 Arten von Moosfarnen vor, in der Schweiz sind es nur zwei. Der sommergrüne Dornige Moosfarn (*Selaginella selaginoides*; Abb. 30) wächst gerne auf mageren Weiden und in Flachmooren der Alpen und des Juras. Er kommt auf der Nordhalbkugel in Europa, Asien und Nordamerika vor. Die andere in der Schweiz vorkommende Moosfarnart ist der wintergrüne Schweizer Moosfarn (*S. helvetica*; Abb. 30), der von Europa bis Ostasien zu finden ist.



Abb. 30: Vielfalt der Formen und Lebensräume bei Moosfarnen in der Schweiz. Links: Dorniger Moosfarn (*Selaginella selaginoides*; Ardez) in einer Alpweide. In den oberen Blättchen sind die gelblich-runden Sporangien zu sehen. Mitte: Herbstfärbung des sommergrünen Dornigen Moosfarns (*S. selaginoides*; Pizol). Rechts: Schweizer Moosfarn (*S. helvetica*; Promontogno).



Abb. 31: Oben: Ein an Land gespültes Brachsenkraut (*Isoetes lacustris*; Binntal). Gut erkennbar sind die Wurzeln und die kurzen binsenförmigen, schopffartig angeordneten und unten verdickten Blätter. Dort befinden sich die Sporangien. Zwischen den Blättern und den Wurzeln befindet sich der Spross, welcher sekundäres Dickenwachstum aufweist. Unten: Klarer Bergsee im Binntal, Lebensraum des See-Brachsenkrauts.

Brachsenkräuter

Kaum zu glauben, dass diese kleine Pflanze (*Isoetes* sp.) mit den binsenförmigen Blättern ein Verwandter der Bärlappe ist (Abb. 31).

Wie Moosfarne haben auch Brachsenkräuter kleine männliche und grosse weibliche Sporen. Die Pflanzen bestehen aus einem ganz kurzen, fleischigen Spross mit Wurzeln und einem spiralig angeordneten Schopf von Blättern. Die Blätter sind bei einheimischen Brachsenkräutern kurz, können aber bei Brachsenkräutern aus warmen Regionen der Welt bis 1m lang werden. Die Sporangien sitzen in einer Höhlung im verdickten Grund der Blätter.

Es gibt weltweit rund 150 Arten von Brachsenkräutern, die entweder unter Wasser auf dem Grund von Seen oder am Land an feuchten Stellen wachsen. Auf das Vorkommen unter Wasser bezieht sich der deutsche Name: Eine «Brachse» ist ein Süsswasserfisch, der gerne am schlammigen Grund von langsam fliessenden oder stehenden Gewässern nach Nahrung sucht, also dort, wo Brachsenkräuter ihren Lebensraum haben.

Die beiden einheimischen Brachsenkrautarten wachsen unter Wasser am Grund von Seen. Das See-Brachsenkraut (*Isoetes lacustris*; Abb. 31) ist sehr selten und lebt nur in wenigen klaren und nährstoffarmen Bergseen

der Schweiz ab mindestens 1m Wassertiefe (Binntal, Gotthard, San Bernardino; Abb. 31). Noch seltener ist die zweite Brachsenkrautart der Schweiz, das Stachelsporige Brachsenkraut (*I. echinospora*). Es kommt heute nur noch im Nordtessin vor, fand sich früher allerdings auch im Lago Maggiore und im Bodensee.

Wie kommt es dazu, dass BotanikerInnen bei den Brachsenkräutern von einem «lebenden Fossil» sprechen? Brachsenkräuter weisen die gleiche Merkmalskombination wie die längst ausgestorbenen Bärlappbäume des Karbons auf (Kapitel 2.1): Der kurze weisse Spross zeigt sekundäres Dickenwachstum und die Blätter sind schopffartig angeordnet. Tatsächlich sind die kleinen Brachsenkräuter die letzten Verwandten der riesigen Bärlappbäume aus längst vergangener Zeit!

2.5 Evolutionsprozesse bei Farnen

Farne haben im Vergleich zu den Blütenpflanzen eine sehr grosse Anzahl von Chromosomen. Die höchste bekannte Chromosomenzahl eines Lebewesens findet sich bei einem Farn: Die in Afrika und Asien vorkommende Natterzunge *Ophioglossum reticulatum* besitzt 1440 Chromosomen. Wir Menschen haben im Vergleich 46 Chromosomen. Wie kommen diese hohen Chromosomenzahlen bei Farnen zustande? Zurückzuführen ist dies auf verschiedene Prozesse, nämlich auf Hybridisierungen beziehungsweise Verdoppelung der Chromosomen.

Hybriden

Bei Farnen befruchten sich oft unterschiedliche Arten; sie kreuzen sich oder hybridisieren (botanisch mit einem «x» im Artnamen gekennzeichnet). Solche Hybriden weisen Merkmale beider Ausgangsarten auf; sie liegen im Aussehen etwa in der Mitte zwischen diesen. Hybriden sind oft, aber nicht immer, steril. Wir kennen das von Maultieren und Maulpferden, die Merkmale von Esel und Pferd besitzen und steril sind. In Mitteleuropa ist etwa die Gattung Streifenfarn (*Asplenium*) dafür bekannt, dass ihre Arten leicht und oft miteinander hybridisieren (Abb. 32). In der Umgebung von Schaffhausen ist der Hohentwiel bekannt für seine vielen Streifenfarnhybride (Attinger 1967).

Ein weit verbreiteter Streifenfarn-Hybrid ist der Deutsche Streifenfarn (*Asplenium* × *alternifolium*; Abb. 33). Dieser findet sich nicht selten auf kalkfreiem Gestein in den Bergen. Der Deutsche Streifenfarn ist der Hybrid des



Abb. 32: Der Schaffhauser Botaniker Georg Kummer sammelte 1918 einen äusserst seltenen Hybriden (heute *Asplenium* × *pagesii*), hervorgegangen aus dem ebenfalls sehr seltenen Foreser Streifenfarn (*A. foreziense*) und einer Unterart des Braunstieligen Streifenfarns (*A. trichomanes* ssp. *quadrivalens*) bei Brissago im Tessin (Museum zu Allerheiligen Schaffhausen).

Nordischen Streifenfarns (*A. septentrionale*; Abb. 14) und einer Unterart des Braunstieligen Streifenfarns (*A. trichomanes* ssp. *trichomanes*). Er zeigt Merkmale beider Ausgangsarten (Abb. 33) und ist steril.

Chromosomenverdoppelung

Hybriden spielen eine Rolle bei einem Evolutionsprozess, der bei Farnen besonders ausgeprägt ist: der Chromosomenverdoppelung.

Abbildung 34 erläutert die Chromosomenverdoppelung an einem Beispiel. Wir haben zwei Ausgangsarten, den Keilblättrigen Streifenfarn (*Asplenium cuneifolium*; Abb. 22) und den Spitzen Streifenfarn (*A. onopteris*). Diese Arten kommen, wenn auch selten, im Süden der Schweiz vor. Beide Ausgangsarten haben einen doppelten Chromosomensatz (mit jeweils 72 Chromosomen). Die beiden Arten bilden einen Hybriden, welcher ebenfalls einen doppelten Chromosomensatz mit 72 Chromosomen hat. Dieser wächst heran, doch geschieht bei der Geschlechtsteilung während der Sporenbildung im Sporangium ein Fehler: Statt

Abb. 33: Hybrid und Ausgangsarten auf einem Bild versammelt: Der Deutsche Streifenfarn (*Asplenium* × *alternifolium*; rechts im Bild) ist ein Hybrid zwischen dem Nordischen Streifenfarn (*A. septentrionale*; in der Mitte) und einer Unterart des Braunstieligen Streifenfarns (*A. trichomanes* ssp. *trichomanes*; links im Bild; Soglio).



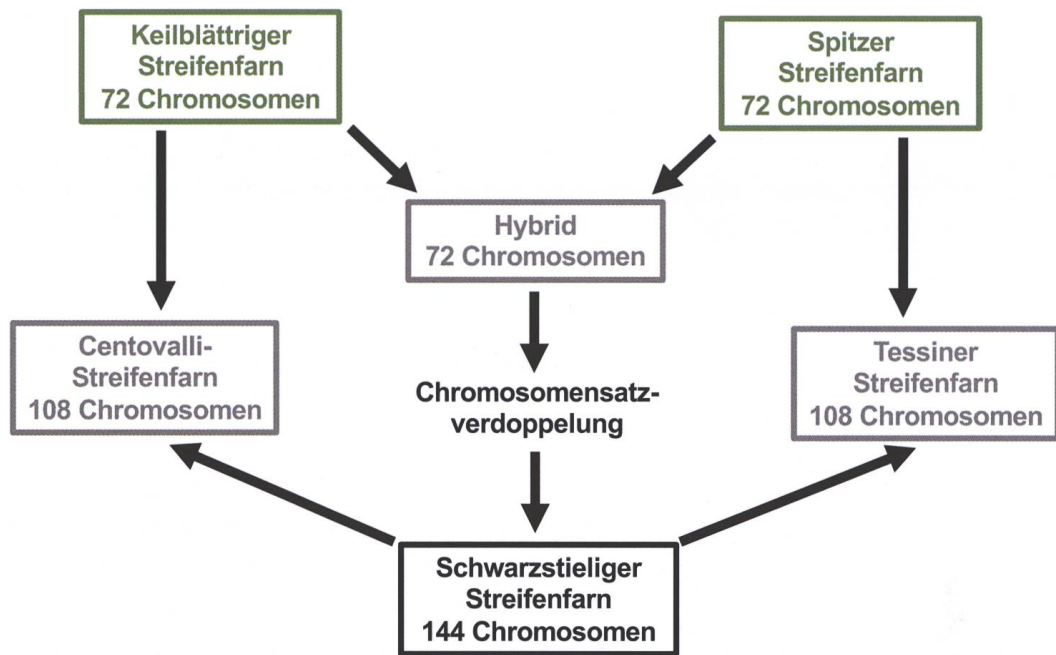


Abb. 34. Beispiel des Entstehens einer neuen Art über Chromosomenverdoppelung. Der Schwarzstielige Streifenfarn (*Asplenium adiantum-nigrum*) ist aus der Chromosomenverdoppelung des Hybrids zwischen dem Keilblättrigen (*A. cuneifolium*) und dem Spitzen Streifenfarn (*A. onopteris*) entstanden. Die Rückkreuzungen des Schwarzstielligen Streifenfarns mit seinen Ausgangsarten ergeben zwei weitere Hybriden, den Centovalli-Streifenfarn (*A. × centovallense*) und den Tessiner Streifenfarn (*A. × ticinense*).

dass sich der Chromosomensatz von 72 auf 36 halbiert, bleiben in einigen Sporen 72 Chromosomen erhalten. Die Sporen werden mit dem Wind verfrachtet, keimen aus und es bilden sich Prothallien. Wenn sich diese Prothallien nun selbst befruchten, entsteht eine neue Farnart mit 144 (also 2×72) Chromosomen, im vorliegenden Fall der Schwarzstielige Streifenfarn (*A. adiantum-nigrum*; Abb. 35). Das Spannende ist, hier entsteht auf einen Schlag eine neue Art! Der Schwarzstielige Streifenfarn ist in der Schweiz und Europa weit verbreitet.

Damit nicht genug: Der Schwarzstielige Streifenfarn mit seinen 144 Chromosomen kann sich wieder mit seinen Ausgangsarten, dem Keilblättrigen und dem Spitzen Streifenfarn mit je 72 Chromosomen, zurückkreuzen. In einem Fall entsteht ein Hybrid, welcher Centovalli-Streifenfarn heisst (*A. × centovallense*), im anderen Fall ein anderer Hybrid, der Tessiner Streifenfarn (*A. × ticinense*; Abb. 34) genannt wird. Diese beiden Hybride sind steril und



Abb. 35: Der Schwarzstielige Streifenfarn (*Asplenium adiantum-nigrum*; Vingelz) ist durch Chromosomenverdoppelung entstanden.

besitzen einen Chromosomensatz in der Mitte zwischen ihren Ausgangsarten, also 108 Chromosomen.

Chromosomenverdoppelung muss nicht über Hybride erfolgen, sondern kann auch innerhalb einer einzelnen Farnart auftreten.

Hohe Chromosomenzahlen

Die Antwort auf die Frage vom Anfang dieses Kapitels, warum Farne im Vergleich zu Blütenpflanzen so hohe Chromosomenzahlen haben, lässt sich nun beantworten: Weil Farne in ihrer langen Evolution bereits einige Runden mehr an Chromosomenverdoppelung als die Blütenpflanzen durchgemacht haben. Wenn eine Farngattung ursprünglich 18 Chromosomen gehabt hat, dann führte die erste Runde von Chromosomenverdoppelung zu Arten mit 36 Chromosomen, die nächste Runde zu Arten mit 72 Chromosomen und weiter so zu 144 oder 288 Chromosomen etc.

2.6 Fortpflanzung ohne Sex

Brombeeren, Frauenmäntel, Habichtskräuter, gewisse Hahnenfussarten und manche alten Birnen-Sorten haben etwas gemeinsam: Sie sind Apomikten. Apomikten bilden Samen aus, ohne dass vorgängig eine Befruchtung erfolgt ist. Sie haben zwar Blüten, aber die Eizelle wird nicht befruchtet; die Samen entstehen direkt aus dem mütterlichen Gewebe der Blüten.

Auch bei Farnen treten Apomikten auf. Hier werden Sporen ohne Geschlechtsteilung gebildet und auf den aus den Sporen entstehenden Prothallien findet keine Befruchtung statt, sondern die jungen Farnpflanzen entstehen direkt aus Zellen der Prothallien. Die Nachkommen sind alle genetisch genau gleich wie die Mutterpflanze. Das ist zwar auch der Fall, wenn sich Farne über Rhizomverzweigungen vermehren, doch können Sporen über viel grö-



Abb. 36: Beispiele für Farn-Apomikten der Schweiz. Links: Schuppiger Wurmfar (*Dryopteris affinis*; Beringen). Mitte: Entferntfiedriger Wurmfar (*D. remota*; Hägendorf). Rechts: Buchenfar (*Phegopteris connectilis*; Reitnau).

sere Distanzen ausgebreitet werden (Kapitel 2.2). Ein weiterer Vorteil von Apomikten bei Farnen ist, dass kein Wasser für die Befruchtung vorhanden sein muss (Kapitel 2.2). Fehlendes Wasser ist ein Engpass im Lebenszyklus sich sexuell fortpflanzender Farne.

Unter den Farnen finden sich im Vergleich zu den Blütenpflanzen viele Apomikten. Rund 10% der Farne sind Apomikten, bei den Blütenpflanzen sind es nur 1% (Kramer et al. 1995). Auch unter den einheimischen Farnen finden sich Apomikten. So sind beispielsweise der weit verbreitete Schuppige Wurmfar (*Dryopteris affinis*), der seltene Entferntfiedrige Wurmfar (*D. remota*) oder der Buchenfar (*Phegopteris connectilis*) Apomikten (Abb. 36).

