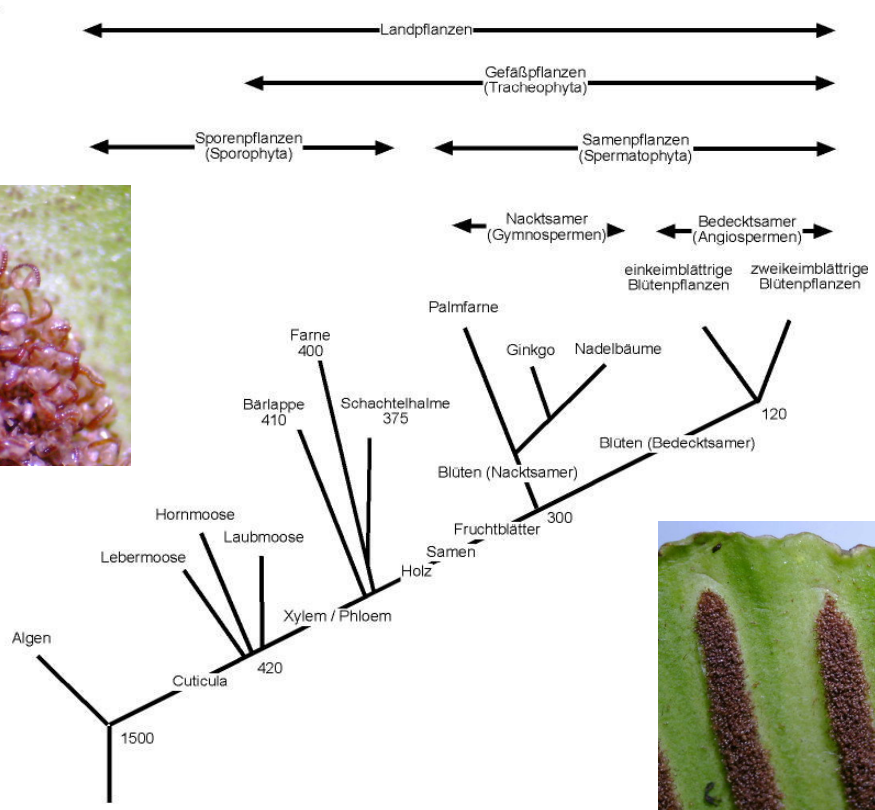
Landeshauptstadt Hannover

Hannover

Schulbiologiezentrum



7.21 Sporenpflanzen: Farne

Sexualität und Evolution

November 2011

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover
Schulbiologiezentrum

Mondsichelfarn (Polystichum falcatum)

Nestfarn (Asplenium nidus)

Kretischer Saumfarn (Pteris cretica)

Gewöhnlicher Geweihfarn (Platycerium biforcatum)

Aufrechter Schwertfarn (Nephrolepis exaltata)

Farnprothallien

Impressum:

Titel: **Sporenpflanzen: Farne**

Arbeitshilfe 7.21 (Neufassung: November 2011)

Verfasser: Ingo Mennerich

Herausgeber: Landeshauptstadt Hannover
Fachbereich Bibliothek und Schule
Schulbiologiezentrum
Vinnhorster Weg 2
30419 Hannover
Tel: 0511/168-47665
Fax: 0511/168-47352
E-Mail: schulbiologiezentrum@hannover-stadt.de
Internet: www.schulbiologiezentrum.info

Inhalt

Vorwort 1

Farne, curriculare Vorgaben und die „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (BNE) 1

Farne in der Schule? Zwei Aspekte: Sexualität und Evolution 2

Wie sich Farne fortpflanzen 3

Keine Angst vor "Würmern" (?): Ein ausgefallener Einstieg in die Welt der Sporenpflanzen 3

Farne „stäuben“: Sporen und Sporangien 4

„Weitwurf“: Das Ausschleudern der Sporen 5

Sexleben im „Exil“: Prothallien, Antheridien und Archegonien 7

Der Kreislauf schließt sich: Aus Prothallien entstehen Farne 8

Der Lebenszyklus der Farne 9

Auf dem Weg zur „Blüte“: Fruchtbare und unfruchtbare Wedel 9

Wasserfarne als Beispiel für „höher entwickelte“ Farne 10

Es geht auch ohne: Vegetative Vermehrung 11

Was unterscheidet Farne von anderen Pflanzen? 12

Was unterscheidet Sporenpflanzen von Samenpflanzen? 13

Eine notwendige Abgrenzung: Samen gibt es nur bei Pflanzen 14

Generations- und Kernphasenwechsel
Schematische Gegenüberstellung Farne – Blütenpflanzen 15

Warum haben Lebewesen den Sex „erfunden“? 16

Generations- und Kernphasenwechsel bei Algen, Moosen, Farnen und Blütenpflanzen 17

„Landnahme“: Sporenpflanzen und Evolution 17

„Farnsamen“, „Teufelswisch“ und „Engelsüß“:
Farne in der mittelalterlichen und neuzeitlichen Mythologie 21

Falsche „Farne“ 22

Sporen zu Prothallien heranzüchten 22

Eine Biosphäre für Sporenpflanzen: Das „Farnarium“ 23

Die Farnarten der Lieferung „Sporenpflanzen – Farne“ 24

Herkunft, Lebensraum, Haltung und Besonderheiten der Farne unserer Lieferung 25

Systematik der 5 Farne 28

Im Schulbiologiezentrum erhältliche winterharte Farne 29

Im Text mit * bezeichnete Pflanzen und Materialien
sind im Schulbiologiezentrum Hannover erhältlich bzw. ausleihbar

Den Farnsamen bekommt man am leichtesten,
wenn ein Komet am Himmel ist; dann muß man ihn in
einen Federkiel von einer weißen Gans stecken und
diesen mit Wachs von Todtenkerzen verstopfen.
Damit kann man reich werden und hat immer Glück.
(Sage aus Österreich.)

Vorwort

Die zu den Sporenpflanzen gehörenden Farne umfassen etwa 11000 Arten.
Das Schulbiologiezentrum Hannover kultiviert seit vielen Jahren Farne für den Unterricht, sowohl für den Garten als auch für den Klassenraum. Die jedes Jahr im Herbst in die Schulen gelieferte Pflanzenkiste enthält fünf, zu fünf verschiedenen Familien gehörende Farnarten aus den Tropen und Subtropen. Darüber hinaus enthält sie einen Topf mit den Prothallien genannten Vorkeimen.
Für den Schulgarten liefern wir etwa 15 verschiedene winterharte Farne. Eine interessante Ordnung stellen die so genannten Wasserfarne dar. Auf Anfrage erhalten Sie die Art Salvinia molesta.
Mit dieser völlig neu gestalteten Arbeitshilfe möchten wir Ihnen Anregungen zum schulischen Einsatz unserer Farne und einen Überblick über diese, in Bezug auf Fortpflanzung, Sexualität und Evolution äußerst interessanten Pflanzengruppe geben.

Farne,
curriculare Vorgaben und die „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (BNE)

Wer in Rahmenrichtlinien (RRL), Kerncurriculae (KC) und den „Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung“ (EPA) nach „Sporenpflanzen“ und „Farnen“ sucht, wird kaum etwas finden. Das gilt auch für „niedere“ pflanzliche Organisationsstufen, etwa „Algen“ und „Moose“. Allein den (den Menschen offensichtlich „näheren“) „Blütenpflanzen“ wird ein (dann aber hoher) Bildungswert zugestanden. Schlüsselbegriffe dabei sind „geschlechtliche“ und „ungeschlechtliche Fortpflanzung“ und die damit zusammenhängende „Mitose“ und „Meiose“.
Dieser erschreckende Befund steht nicht nur im Widerspruch zur Forderung nach Erhaltung der Biodiversität (was nehmen wir eigentlich noch davon wahr?), sondern spiegelt auch ein Weltbild, dass sich vorzugsweise an unseren Wahrnehmungsmustern orientiert. Und da haben Blumen, Bäume und Nutzpflanzen nun einmal bessere Karten als Algen, Moose und Farne.
Wir ignorieren dabei, dass es unter den so genannten „Niederen“ Pflanzen viel mehr Arten gibt als unter den höher entwickelten. Das ergibt ein völlig schiefes Weltbild, das dem Bekannten einen hohen, dem wenig auffälligen einen geringeren Wert zuweist. Wir haben Baumschutzsatzungen und geschützte Orchideen, sind in der Regel aber nicht in der Lage (wenn überhaupt!) mehr als eine Handvoll Algen, Moose oder Farne auseinander zu halten.
Schlimmer noch: Wer wird ohne Überblick über die diesen Planeten bewohnenden Lebewesen feststellen können, ob sie noch unter uns sind oder nicht? Eine auf Erhaltung setzende „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ muss die Entwicklung von Bewertungskompetenz einschließen, die ohne fachliche Kompetenz zum zahnlosen Tiger wird.
Das Schulbiologiezentrum liefert seit Jahrzehnten anschauliche pflanzliche Beispiele für die vegetative und die sexuelle Fortpflanzung kostenfrei in die Schulen.
Die wichtigste Frage dabei ist: Warum „erfanden“ sich vegetativ teilende Lebewesen im Laufe der Evolution die komplizierte sexuelle Fortpflanzung? Der Brutfarn pflanzt sich vegetativ über „Kindel“ auf den Blättern (Farnwedeln) fort, bildet – typisch für die Farne - vegetativ Sporen, aus denen Prothallien mit sexuellen Geschlechtsorganen entstehen. Blütenpflanzen, wie das Brutblatt, zeigen beide Formen, die (vegetative) Bildung von „Kindeln“ an den Blatträndern und die (sexuelle) Ausbildung von Blüten- und Samen. Beim Farn findet ein Wechsel von vegetativer und sexueller Fortpflanzung statt. Beide haben ihre evolutionäre Funktion: Die vegetative sorgt für (identische) Vermehrung, die sexuelle für genetische Vielfalt. Diese Phasen gehen mit einem Kernphasen- und Generationswechsel einher. Auch bei den Blütenpflanzen findet diese Abfolge statt, allerdings stark reduziert und in der Blüte verborgen. Der „versteckte“ Generationswechsel in der Blüte und viele Details seines Ablaufs zeigen, dass sich die Blütenpflanzen aus evolutionären Vorläufern (den so genannten Niederen Pflanzen) entwickelt haben.

Um den evolutionären Sinn der Sexualität zu begreifen, muss man ihr die ursprüngliche, einfachere vegetative Fortpflanzung gegenüberstellen.
Und um das aus Vorstufen erhalten gebliebene, aber stark reduzierte Erbe in den Blüten der „höheren“ Pflanzen zu verstehen, muss man sich mit den „Resten“ dieser Vorstufen beschäftigen.
Die Sexualität schafft durch Austausch genetische Vielfalt und ist damit (neben der Auslese) der Motor der Evolution. Ohne die Sexualität in diesem Sinne zu verstehen, wird man die Evolution nicht wirklich begreifen können.
So wie man eine Sprache nicht ohne Vokabeln und Geschichte nicht ohne Ereignisse lernen kann, wird man auch die Evolution nur verstehen, wenn man sich mit den Ahnen der heutigen Lebewesen beschäftigt.
Die EPA weisen unter „Themenbereiche“ und „Entwicklungsprozesse - Evolution und Zukunftsfragen“ auf folgende Zusammenhänge hin:
„In der Evolution spiegelt sich die Vielfalt der Lebewesen und deren Wechselwirkungen wider. Betrachtungen zur Evolution beleuchten die Entstehung und das Werden des Lebens als stammesgeschichtlichen Prozess und vermitteln die Einsicht, dass wir Menschen Teil der Evolution sind. Dazu gehören auch Fragen zur zukünftigen Entwicklung des Lebens auf der Erde.“
Leider sind die Farne (und „Niedere“ Pflanzen generell!) aus den Curriculae der Schulen weitestgehend herausgefallen. Das ist unverständlich und schade, weil es (aus Zeitgründen?) die evolutionären „Wurzeln“ unserer biologischen Umwelt ausblendet. Das führt langfristig zu einem (falschen) Selbstverständnis, dass alles, was uns umgibt, „gottgegeben“ ist, so „gewollt“ ist und „zu schützen“ ist, weil es ein Höchstmaß an Vollkommenheit darstellt. Die Wahrheit ist ernüchternd: Vor uns gab es Anderes (vielleicht sogar Besseres) und nach uns wird es Anderes geben. Panta rhei: Alles fließt. Und: Die schrittweise Abkehr von Inhalten, die auf die Geschichte des Lebens hinweisen, öffnet Kreationisten und anderen, die Evolution verneinenden Glaubensrichtungen Tür und Tor.
Die so genannten „Niederen“ Pflanzen weisen zurück auf unsere Ursprünge, in eine Vergangenheit, die kein Mensch erlebt hat, ohne die es aber auch keinen Menschen gäbe...

Farne in der Schule? Zwei Aspekte: Sexualität und Evolution

Auf den ersten Blick sind die Farne der Lieferung wenig spektakulär. Die im Winter bestellte Kiste mit großen, grünen Zimmerpflanzen steht pünktlich (und dennoch überraschend?) beim Hausmeister. Kostenlose (!) Pflanzen, die je nach „grünem Daumen“ und Art leichter oder weniger zu pflegen sind. Sie sollen den Biologieunterricht bereichern.
Aber: Was auch immer man mit ihnen anstellt: Die Farne blühen nicht. Sie fangen keine Insekten wie die Venusfliegenfalle, reagieren nicht auf (leichte) „Schläge“ wie die Mimose und sind längst nicht so spannend (oder süß) wie Schlangen und Mäuse. Pflanzen eben! Langweilig!
Oder gibt es da doch etwas? Einige produzieren eine Menge trockenen braunen Staub. Anders als Blütenstaub löst er keine Allergien aus und klebt nicht wie der Blütenstaub der Linde.
Für manchen sammelt sich unter den Blättern zuviel „Schmutz“ an. Also doch lieber keine Farne?

Vielleicht ändert dieser **Tafelanschrieb** die Perspektive (und die Motivation)?

„Dinos fraßen Farne“

und

„Haben Farne Sex?“

Dass die Farne „Urweltpflanzen“ sind, die zur Zeit der von jüngeren Schülern geliebt/gefürchteten Dinosaurier lebten, wird Interesse wecken. Die zweite Anregung kann etwas ältere Schüler dazu bringen, der gerade entdeckten Sexualität unbekannte Aspekte abzugewinnen. Haben Pflanzen SEX?

Wie sich Farne fortpflanzen

Wer sich an die „Blüte“ und die „Biene“ erinnert, wird feststellen, dass dieser Vergleich das längst Bekannte (und Erlebte?) eher verschleiert als Klarheit schafft. Staubbeutel („Hoden?“) und Stempel („Scheide, Eierstock und Gebärmutter?“) führen auch mit pädagogischem Feingefühl nicht unbedingt zu „Spermien“ (die dann leider oft auch noch „Samenzellen“ genannt werden, was die Verwirrung komplett macht) und Eizellen.
Die sexuellen Details laufen bei Blütenpflanzen *so* im Verborgenen und *so* kompliziert ab, dass sie kaum zur „Aufklärung“ beitragen.
Und bitte: Wir Menschen sind doch keine Pflanzen!
Vielleicht interessiert das: Bei Farnen wird der Sex im Gegensatz zu den Blütenpflanzen „offen“ vollzogen. Es gibt „richtige“ und dann auch noch offen zu Tage liegende Geschlechtsorgane:

- Das weibliche, entfernt an eine Scheide erinnernde und eine Eizelle enthaltende und durch Duftstoffe „lockende“ Archaegonium.
- Das bewegliche, Spermien produzierende Antheridium („Penis?“).

Beide sind winzig und den normalen Blicken entzogen:
Erst einmal muss man wissen, wo sie sich befinden. Dann braucht man ein Mikroskop, viel Ausdauer und einiges an Fingerfertigkeit, um Details zu sehen. Und: Es ist prinzipiell möglich, den Antheridien auf Kommando bewegliche Spermien (genauer: Spermatozoen) zu entlocken und diese sogar sichtbar zu machen.
Doch noch einmal zurück zum „Staub“, genauer gesagt den Sporen, die auf der Unterseite der grünen Blätter (Wedel) entstehen.

Keine Angst vor "Würmern" (?):
Ein ausgefallener Einstieg in die Welt der Sporenpflanzen

Die Unterseite einiger (nicht aller!) Wedel des Nestfarns* (Asplenium nidus) zeigt braune Streifen. Der Nestfarn gehört zu den Streifenfarnen (Aspleniaceae), zu denen auch der einheimische und im Schulbiologiezentrum Hannover weit verbreitete Hirschzungenfarn* (Phyllitis scolopendrium) zählt.
Mit der Lupe* betrachtet, erscheinen die Streifen wie eine Ansammlung brauner, gegliederter Würmer mit großen Köpfen und meist weit aufgerissenen Mäulern… doch halt? Reißen Würmer das Maul auf?
Nimmt man das Binokular mit stärkerer Vergrößerung zu Hilfe, erkennt man tausende zuckender Gestalten, die sich aber offenbar nicht von der Stelle rühren. Sind das Larven, Blattläuse oder andere Schädlinge? Und was spucken sie da eigentlich aus?
Dieses könnte ein durchaus „prüfungstauglicher“ Einstieg in die Welt der Sporenpflanzen sein!

In länglichen Gruppen (Sori) angeordnete Sporangien beim Hirschzungenfarn*

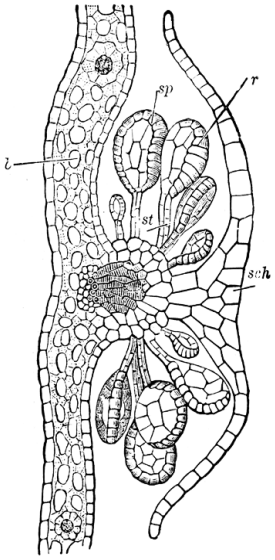
Sporangien bei stärkerer Vergrößerung
Fotos: Ingo Mennerich

Farne „stäuben“: Sporen und Sporangien

Tatsächlich geht es um **Sporen**: Ungeschlechtliche, durch **Meiose** und in großen Massen entstandene Verbreitungseinheiten des Farns. Die „Würmer“ sind die so genannten **Sporangien** (Sporenbehälter). Die Streifen werden als **Sori** (Einzahl **Sorus**) bezeichnet und bestehen aus tausenden solcher Sporangien. Bei Trockenheit schleudern die Sporangien Tausende winziger Sporen aus.

Sporenbildung beim Wurmfarn
A: Farnwedel
B: Fiederblatt mit Sori
C: Sorus mit Sporangien (s),
von Schleier (Indusium, i) bedeckt
D: Sporangium

Bergen, Joseph Y.: Elements of Botany, Ginn & Company, Boston 1896



Sorus

sch: Schleier (Indusium)
sp: Sporangien
st: Stiel
r: Ring (Anulus)

Benson John Lossing (Hrsg). The New Popular Educator, Cassell & Company Limited, London 1891

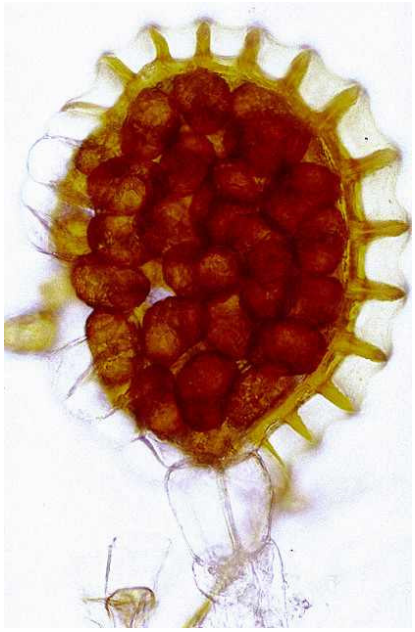
Farn-Sporangium / Sporenkeimung (SOMSO-Modell*)

„Weitwurf“: Das Ausschleudern der Sporen

Das Ausschleudern der Sporen lässt sich experimentell unter dem Binokular bei Zugabe von etwas Alkohol (Ethanol) beobachten. Ethanol führt (wie beim Menschen auch) osmotisch zu einer Entwässerung (Dehydrierung). Wenn man den Farnwedel aus feuchter in trockene Umgebung bringt, klappt das auch ohne Alkohol.

Einzelne, leicht zu präparierende Sporangien und der Ablauf des Ausschleuderns sind unter dem Mikroskop aber gut beobachtbar. Dazu werden einfach die Wedelunterseiten mit den Sori unter das Mikroskop gelegt und unter Auflicht (Sonne!) wie mit einem Binokular* beobachtet, oder man kratzt die Sori mit einem Messer vom Wedel auf einen Objektträger*.

Unsere Schulmikroskope* mit 4x und 10x-Objektiv und 5x-Okular eignen sich hervorragend zu diesem Zweck.



Sporangium (Nephrolepis)

Foto: www.flickr.com, gjshepherd (Creative Commons License)

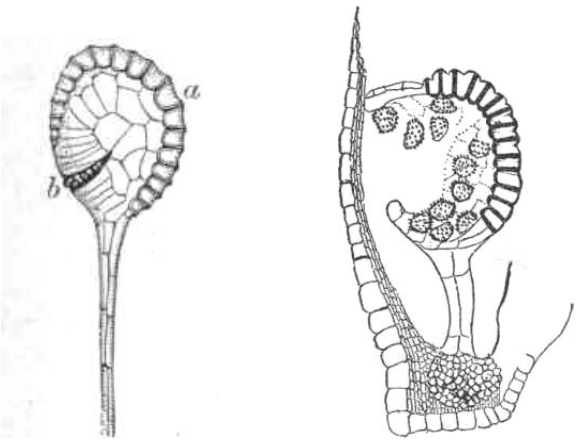
Der hinter dem Ausschleudern stehende Mechanismus ist kompliziert.

Am Scheitel des kopf- oder helmartigen Sporangiums ist eine leistenförmige Struktur zu erkennen, der Anulus (lat. Ring).

Die inneren (basalen) und radialen Zellen des Anulus besitzen stark verdickte Wände, während die äußeren (tangentialen) Wände dünn und elastisch sind. Bei Wasserentzug während der Reife und bei Trockenheit werden die tangentialen Zellwände durch die Kohäsions- und Adhäsionskräfte des schwindenden Zellvolumens nach innen gezogen. Dadurch wird die Außenseite verkürzt. In der Folge krümmt sich der „Helm“ auf und reißt eine bereits angelegte Struktur aus dünnwandigen Zellen, das Stomium (lat. Mund), auf. Weiterer Wasserentzug führt zu plötzlichem Lufteinbruch in die Zelle, dem Zusammenbruch der Adhäsionskräfte und zu einem explosionsartigen Zurückschnellen in die Ausgangslage. Dabei werden die im „Helm“ enthaltenen Sporen durch das Stomium herausgeschleudert.

Der Prozess ist reversibel, d.h. unreife, nicht herausgeschleuderte Sporen erhalten eine spätere „Chance“.

Anders als bei den Blütenpflanzen werden keine „Werbemaßnahmen“ und keine „Lockangebote“ für Bestäuber angeboten. Die Verbreitung der leichten Sporen erfolgt ausschließlich durch den Wind.



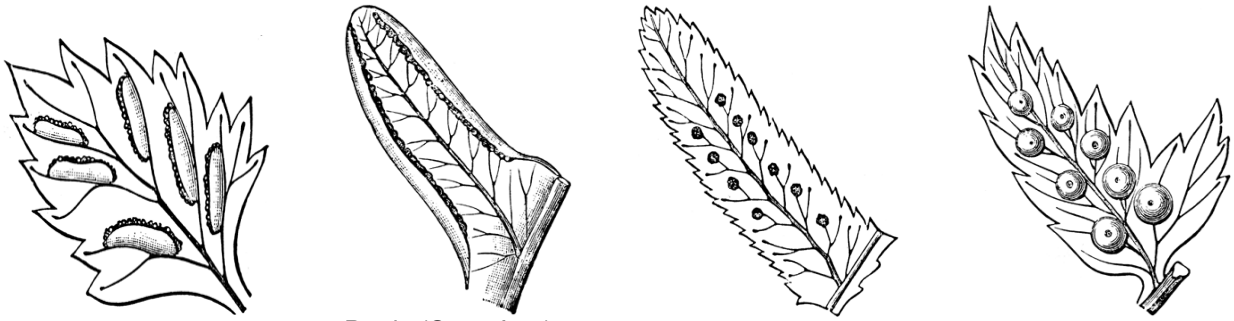
Sporangium

a: Anulus (Ring)
b: Stomium (Mund)

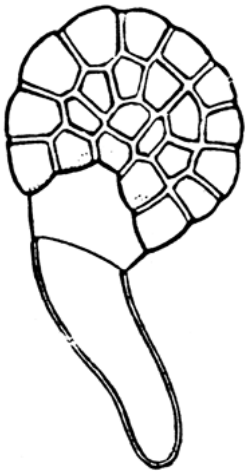
Zeichnungen aus:
Field, Forest and Wayside Flowers: With Chapters on Grasses, Sedges, and Ferns; Untechnical Studies for Unlearned Lovers of Nature [1899]
www.chestofbooks.com

Die Anordnung der Sori unterscheidet sich bei den Farnfamilien.

Verschiedene Typen der Anordnung der Sori: (Quelle: http://etc.usf.edu/clipart/)



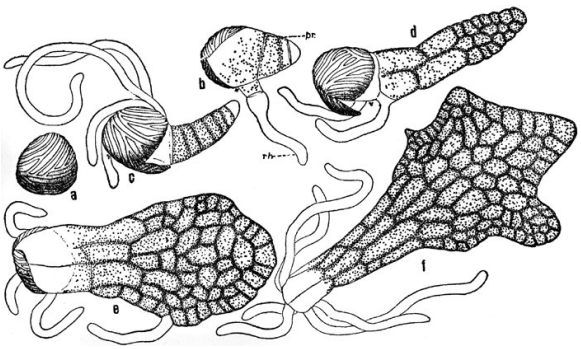
Asplenium (Streifenfarn) Pteris (Saumfarn) Polypodium (Tüpfelfarn) Aspidium (Wurmfarn)



Sporenkeimung

Aus: Benson John Lossing, ed. The New Popular Educator, Cassell & Company Limited, London 1891

Aus den Sporen keimen zunächst dünne **Zellfäden**, die sich zu kleinen grünen und lappigen, den Lebermoosen* ähnlichen **Vorkeimen** (**Prothallien**) entwickeln.
Jede der Sporen enthält in der DNA das komplette genetische Programm des Farns, das den Entwicklungsablauf steuert.

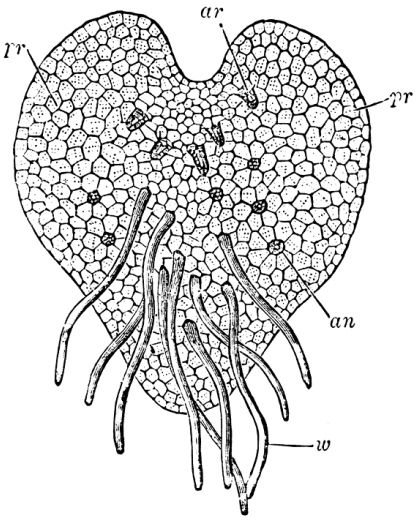


Sporenkeimung

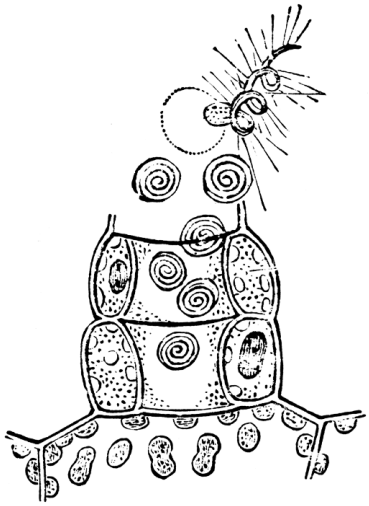
Aus: Gager, C. Stuart Fundamentals of Botany, P. Blakiston's Son & Co., Philadelphia 1916

Die Prothallien enthalten die männlichen und weiblichen **Geschlechtsorgane** (**Antheridien** und **Archegonien**).
Legt man z.B. ein Hirschzungenfarnblatt* - oder Stücke davon – mit den Sori nach unten in ein mit etwas torfigem Boden gefülltes Marmeladenglas, bildet sich nach einiger Zeit ein grünlicher Überzug. Schon bald sind die Prothallien zu erkennen, aus denen nach der Befruchtung kleine Farnpflanzen hervorgehen.
Das funktioniert auch mit anderen Farnarten!
Die **Sporenentwicklung** und **Prothallienentstehung** lassen sich auch in der Petrischale* verfolgen. Das „**Farnarium**“, beispielsweise ein etwas größeres Gurkenglas, zeigt den kompletten Entwicklungszyklus der Farne. Dazu unten mehr!

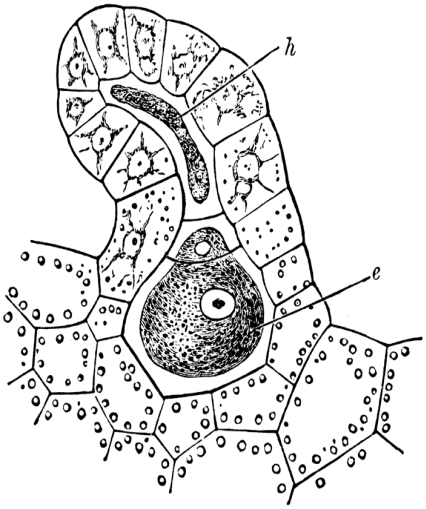
Sexleben im „Exil“: Prothallien, Antheridien und Archegonien



Prothallium
Ar : Archegonium
An: Antheridium



Antheridium



Archegonium

Zeichnungen aus:
Benson John Lossing, ed., The New Popular Educator: Cassell & Company Limited, London 1891

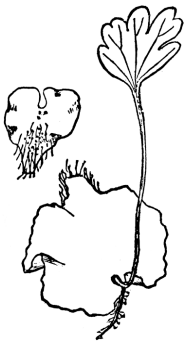
Beide Geschlechtsorgane, männliche Antheridien und weibliche Archegonien, befinden sich auf den Unterseiten der Prothallien.
Das im Schulbiologiezentrum ausleihbare Modell* (Abb.links) zeigt den Aufbau sehr plastisch.
Unsere Farnlieferung enthält Prothallien*, kleine grüne und herzförmig-lappenartige Gebilde in einem mit Folie überzogenen Topf. Prothallien sehen überhaupt nicht so aus wie Farne!
Unter dem Mikroskop* sind viele (!) Antheridien und Archegonien zu erkennen, erstere in der Nähe der Wurzeln, letztere in der Nähe des Prothallienrands. Mehr aber wohl kaum.
Eigentlich rührt sich da nichts.

Antheridien und Archegonien bleiben auf ihren zugewiesenen Plätzen. Farne scheinen also keinen „Geschlechtsverkehr“ zu haben, wenigstens nicht in der vielleicht erwarteten Form.
Nur die Spermatozoiden „wandern“, aber nur, wenn die Archegonien mit chemischen Substanzen locken. Das „Parfum“ ist einfach gestrickt, und wer das Rezept kennt, kann die „Ejakulation“ experimentell auslösen. Den Weg zum „lockenden“ Archegonium finden die Spermatozoiden aber nur, wenn er ausreichend nass ist. Farne sind in dieser Beziehung noch gänzlich an eine feuchte Umgebung gebunden.
Aber das ist bei uns Menschen nicht viel anders und zeigt unsere evolutionäre Vergangenheit: Auch Spermien finden ihren Weg zur Eizelle schwimmend!

Links: Farn-Prothallium

SOMSO-Modell*

Es ist alles etwas bizarr: Es gibt eigentlich keine Geschlechtspartner, keinen Mann und keine Frau sondern eher ein Mann-Frau-Wesen mit männlichen und weiblichen Geschlechtsorganen, ein (funktionierender) Zwitter sozusagen.
Aber das Geschlechtsleben bei den Farnen ist noch viel bizarrer: Ihr Sexleben findet gewissermaßen „im Exil“ statt! Stellen wir uns vor, wir Menschen hätten das Kinder kriegen satt und würden das Thema Sex und Schwangerschaft „auslagern“ (modern gesprochen: „outsourcen“). Wir würden zu bestimmten Zeiten, sagen wir einmal, unter den Achseln kleine Pusteln entwickeln, aus denen bei trockener Luft feiner Staub herausrieselt. Der Staub wird vom Wind davongetragen, fällt zu Boden und jedes „Staubkorn“ schlägt Wurzeln und wächst zu einer Art „Leih-Vater und Leih-Mutter“ heran, das sich völlig allein (und ohne elterliche „Stütze“) durch das Leben schlägt. Die herzförmigen (wie passend!) „Leiheltern“ haben Sex (worauf die Menschen dann verzichten), machen Kinder und ziehen sich diskret aus dem Leben zurück, wenn sie ihre Aufgabe erfüllt haben. Heißt: Nachdem der Nachwuchs sie ausgezehrt hat und ihnen im wahrsten Sinne entwachsen ist.
Wäre das Stoff für einen Science-Fiction Bestseller?



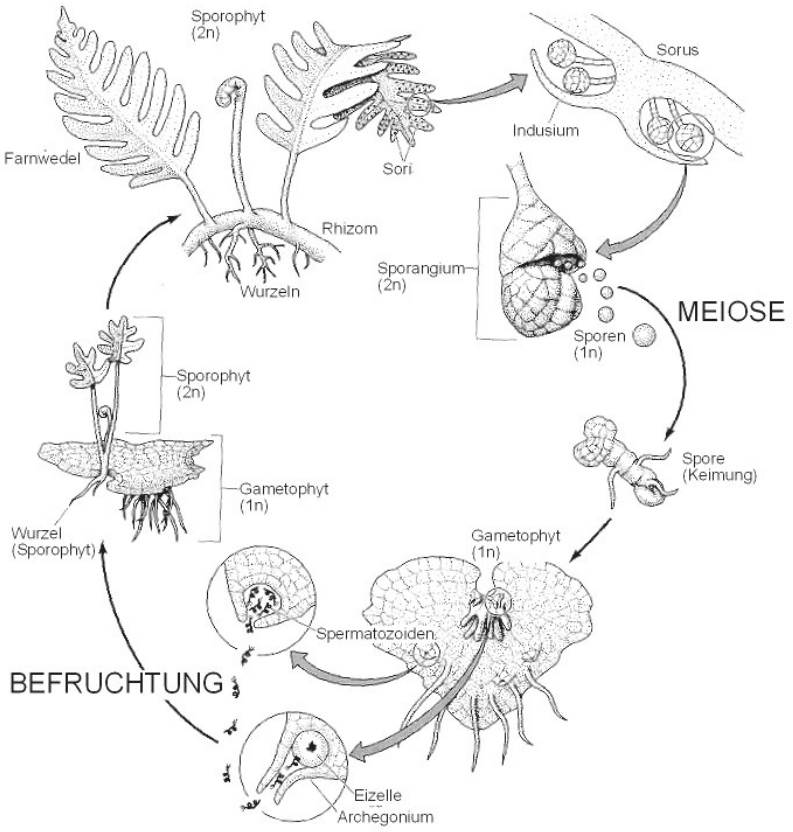
Der Kreislauf schließt sich: Aus Prothallien entstehen Farne

Die befruchtete Eizelle (Zygote) entwickelt sich zum Farn. Aus dem Prothallium wächst so nach einiger Zeit ein kleines Farnpflänzchen heran. Das Prothallium selbst hat seine Funktion erfüllt und „stirbt“ ab.

Links: Prothallium und junges Farnpflänzchen

Asa Gray, The Elements of Botany for Beginners and for Schools (New York, Cincinnati, Chicago: American Book Co., 1887

Der Lebenszyklus der Farne



East Stroudsburg University, East Stroudsburg, Pa, USA, www.esu.edu, verändert: Ingo Mennerich

Der Entwicklungszyklus der Farne beinhaltet einen **Generationswechsel**: Eine ungeschlechtliche, Sporen erzeugende wechselt mit einer geschlechtlichen, Eizellen und Spermatozoiden (**Gameten**) erzeugende Generation. Die ungeschlechtliche Generation wird als **Sporophyt**, die geschlechtliche als **Gametophyt** bezeichnet. Der Sporophyt ist der eigentliche Farn, das unscheinbare Prothallium der Gametophyt. Der Generationswechsel ist bei den Farnen **heteromorph**, d.h. die Generationen haben verschiedene Gestalt.
Mit dem Generationswechsel geht ein **Kernphasenwechsel** einher. Der Sporophyt ist **diploid**, hat also einen doppelten Chromosomensatz. Die Sporenentwicklung beinhaltet eine Reduktionsteilung (Meiose): Der doppelte Chromosomensatz (2n) wird auf einen (1n) reduziert.
Die Sporen und der daraus hervorgehende **Gametophyt** (Prothallium) sind also **haploid**. Mit der Befruchtung und dem daraus hervorgehenden Sporophyten (Farn) wird der diploide Zustand wieder hergestellt.

Auf dem Weg zur „Blüte“: Fruchtbare und unfruchtbare Wedel

Der Urtyp des Farnwedels dient sowohl zur Photosynthese als auch der Sporenerzeugung.
Er wird als Sporotrophophyll (oder Trophosporophyll) bezeichnet (griech.: “trophein“, sich ernähren).
Unter den im Schulbiologiezentrum erhältlichen winterharten Farnen gehören zu dieser Gruppe: **Hirschzungenfarn*** (Asplenium scolopendrium), **Frauenfarn*** (Athyrium filix-femina), **Wurmfarn*** (Dryopteris filix-mas), **Gewöhnlicher Tüpfelfarn*** (Polypodium vulgare), **Ruprechtsfarn** (Gymnocarpium robertianum), **Wimpernfarn*** (Woodsia obtusa).

Innerhalb der echten Farne haben aber auch Differenzierungen stattgefunden. Sie leiten über zur Ausbildung spezieller Fruchtblätter und damit zu den Blütenpflanzen (Fruchtblätter / Staubblätter).
Beim **Schildfarn*** (Polystichum setiferum) gibt es sterile und fertile Wedel, die sich aber nicht unterscheiden.
Der **Straußfarn*** (Matteuccia struthiopteris) bildet neben den grünen Trophophyllen zunächst grüne, zur Sporenreife später braun werdende, straußenfederartige Sporophylle aus.
Beim **Kronen-** oder **Unterbrochenen Königsfarn** (Osmunda claytoniana) kann der mittlere Teil der Wedel fertil sein und bildet dann 3 -7 kurze, zimtfarbene Segmente mit Sporangien.
Beim **Königsfarn*** (Osmunda regalis) findet eine weitere Differenzierung statt: Er hat grüne, Sonnenlicht auffangende Trophophylle und braune, nicht zur Photosynthese geeignete Sporophylle.
Die in der Lieferung „Sporenpflanzen – Farne“ zusammengestellten Arten sind in der Mehrheit dem ursprünglichen Schildfarn-Typ zuzuordnen.
Beim **Geweihfarn*** (Platycerium bifurcatum) gibt es sterile „Nest-“ oder „Nischenwedel“ und fertile, der Photosynthese und der Sporenproduktion dienende grüne Wedel. Die Sporen erzeugenden Abschnitte sind allerdings auf die Enden dieser Tropho-Sporophylle beschränkt.

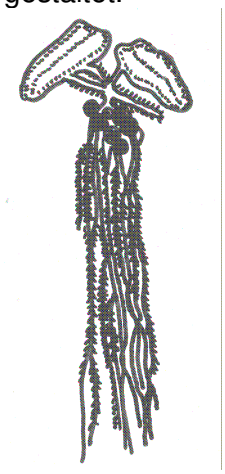
Königsfarn (Osmunda regalis)
mit braunen, fertilen Sporophyllen

Abbildung: Texas A&M University
James R. Manhart

Osmunda regalis wird im Schulbiologiezentrum Hannover kultiviert

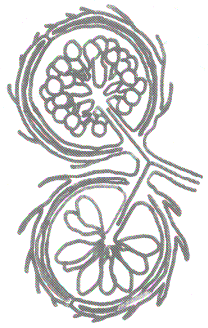
Wasserfarne als Beispiel für „höher entwickelte“ Farne

Das hier beschriebene Prothallium ist ein Zwitter. So gesehen scheinen die Sporen sexuell nicht differenziert, also weder männlich noch weiblich (oder „+“ und „-“) zu sein. Unter den Farnen gibt es aber auch Entwicklungslinien mit männlichen, Antheridien bildenden und weiblichen, Archegonien hervorbringenden Prothallien. Sie sind entweder gleich (**isomorph**) oder verschieden (**heteromorph**) gestaltet.



Salvinia

Die Wasserfarne sind im Schulbiologiezentrum durch Salvinia molesta* vertreten. S. molesta ist im tropischen Südamerika beheimatet und breitet sich dort auf Gewässern in aggressiver Weise aus (lat. „molestare“, stören). Jede Pflanze besitzt zwei grüne, Wasser abweisende Schwimmblätter und ein in Fiedern geteiltes, herabhängendes Wasserblatt.
Bei den Wasserfarnen werden kleine männliche Sporen (**Mikrosporen**) und große weibliche (**Makrosporen**) in unterschiedlichen **Mikro**- und **Makro-Sporangien** erzeugt. Diese befinden sich auf speziellen, umgewandelten Teilen des Wasserblattes, den Sporokarpen (griech. „Karpos“, Frucht)
Aus jeder Mikrospore entsteht im Inneren des Sporangiums (!) ein kurzes, schlauchförmiges und wenigzelliges männliches Prothallium (vergl. Pollenschlauch bei Blütenpflanzen!) mit 2 Antheridien.



Sporokarpe

Oben: Mikrosporangien
Unten:Megasporangie
n

Nachgezeichnet aus
Strasburger,
Lehrbuch der Botanik

Die Antheridien erzeugen je 4 Spermatozoiden. Das Prothallium durchbohrt die Wand des Sporangiums und entlässt die Spermatozoiden ins Wasser.
Die Megasporangien bilden jeweils nur eine (!) fertile Megaspore aus, die anderen 31 Megasporen dienen ihrer Ernährung.
Das Megasporangium löst sich von der Mutterpflanze ab. Schwimmend an der Wasseroberfläche keimt die Megaspore innerhalb des Sporangiums zu einem ebenfalls wenigzelligen Prothallium mit wenigen Archegonien. Danach springt die Sporangienwand auf und legt das Prothallium offen.
Die aus den Mikrosporangien entlassenen Mikrosporen reifen zu ebenfalls wenigzelligen männlichen Prothallien mit Antheridien. Die Befruchtung der Eizelle erfolgt durch die im Wasser schwimmenden Spermatozoiden.
Diese Entwicklungslinien sind ein großer Schritt auf dem Wege zu den **Samenpflanzen** mit ihrem zunehmend versteckten Generationswechsel und den zu Pollenschlauch bzw. Embryosack reduzierten Prothallien. Bei den Wasserfarnen zeichnet sich neben einem Trend zur Differenzierung in männliche und weibliche Geschlechtswesen eine „Unterbringung“ des urtümlich eigenständigen Gametophyten auf dem Sporophyten ab. Die gametophytische Phase der Farne ist an Feuchtigkeit gebunden. In trockener Umgebung kommt der Entwicklungskreislauf zum Stillstand.

Aus welchen Gründen die Wasserfarne – neben anderen Pflanzengruppen - ihre Gametophyten in ihre Obhut nahmen, darüber lässt sich nur spekulieren. Dass sie damit den Weg in trockenere Landschaften ebneten, ist unbestritten.
In Mitteleuropa sind die Wasserfarne (Salviniaceae) durch Salvinia natans (Schwimmfarn) vertreten. Salvinia bildet Schwimmdecken mit Wasserlinsen und Froschbiss auf Altarmen (z.B. den Altwässern des Oberrheins und anderen ruhigen Gewässern) und ist stärk gefährdet (Rote Liste!).
In den Tropen weit verbreitet sind die Algenfarne (Azolla), die in Reisfeldern (Stickstoffbindung durch Cyanobakterien!) und auch in Aquarien gehalten werden.
Die ebenfalls zu den Wasserfarnen gehörenden Kleefarne (Marsilea) sind beliebte Aquarienpflanzen und im Berggarten (Herrenhausen) zu sehen.

Es geht auch ohne: Vegetative Vermehrung

Der Brutfarn* Asplenium bulbiferum pflanzt sich zusätzlich durch so genannte **Kindel** fort, die auf der Oberfläche der Wedel aus kleinen Brutknospen gebildet werden. Sie fallen ab und leben fortan eigenständig weiter. Die Kindel sind „Klone“, genetisch mit der Mutter und untereinander identisch.
Der Brutfarn, der in seiner neuseeländischen Heimat auch „Hen and Chicken Fern“ genannt wird, ist Teil unserer Lieferung „Vegetative Vermehrung*“, ist aber auch einzeln erhältlich.
Diese Form der Fortpflanzung zeigt, dass jede Zelle eines Lebewesens im Zellkern (d.h. in der DNA) das komplette genetische Programm einer Art beinhaltet. In den meisten Zellen werden nur bestimmte Teile dieses Programms aktiviert und werden etwa zu Rhizom- oder Blattzellen. Bestimmte Zellen behalten ihre Totipotenz (vergl. „Stammzellen“) oder erlangen diese nach einer Phase der Differenzierung zurück. Sie werden gewissermaßen auf „Neustart“ gesetzt.
Die Tatsache, dass sich der Brutfarn vegetativ und sexuell fortpflanzt, zeigt, dass beides von Vorteil ist.
Unter den Hautfarnen (Hymenophyllaceae) gibt es Arten, die auf Sexualität ganz verzichten können: Der z.B. in Irland, England und Frankreich vorkommende Prächtige Dünnfarn (Trichomanes speciosum) wächst unter kontinentaleren Bedingungen nur als fadenförmiges Prothallium und bildet keine Sporophyten. Die auf Sandstein in feuchten Schattenlagen wachsenden grünen Polster aus verflochtenen Fäden sind etwas für Spezialisten und nur mit Mühe als Farn zu erkennen.
Das Auftreten von Trichomanes-Sporophyten in Deutschland könnte als Anzeiger einer Klimaveränderung gedeutet werden (vergl. Arbeitshilfe des Schulbiologiezentrums „Mondbecher-Lebermoos / Lunularia“.

Zu spekulieren wäre hier, ob dieser Sonderfall eine Rückentwicklung (Atavismus) in die Tiefen der Evolution darstellt: Die Zellfäden erinnern stark an die aus den Sporen der Moose auskeimenden Protonemen und weisen möglicherweise auf eine gemeinsame Vorfahrenschaft hin. Auch bei den Moosen gibt es Vertreter, die zeitlebens nur im Protonema-Stadium bleiben. Da die Evolution überwiegend konservativ ist und vorhandene Elemente vorzugsweise nur „umbaut“, erscheint eine Parallelentwicklung eher unwahrscheinlich.
Der Verzicht auf Sexualität stellt eine „Evolutionsbremse“ für die Art dar, denn ihren Nachkommen fehlt es an genetischer Vielfalt, um mit wechselnden Umweltbedingungen zurecht zu kommen.

Was unterscheidet Farne von anderen Pflanzen?

Farne sind **Gefäßpflanzen** (Tracheophyta), d.h. sie haben Leitungsbahnen, in denen sie (im **Xylem**) Wasser und (im **Phloem**) durch Photosynthese erzeugte Assimilate transportieren.
Darin ähneln sie den **Bärlappgewächsen**, die auch zu den Trachaeophyta zählen.
Algen und **Moose** haben keine Gefäße. Der Wassertransport erübrigt sich (bei Algen) oder erfolgt in oft feuchter Umgebung über die Oberfläche, über Interzellularen oder von Zelle zu Zelle (Moose).
Zu den Gefäßpflanzen zählen neben den Farnen auch die **Schachtelhalmgewächse** und die **Blütenpflanzen**. Nur die Blütenpflanzen haben stützende Holzelemente entwickelt: Die großen Farne früherer Epochen wie auch moderne Baumfarne haben keinen wirklichen, mit den Bäumen vergleichbaren Stamm. Ihr „Stamm“ besteht im Wesentlichen aus Ausläufern des Rhizoms („Wurzelstock“) und der Rhachis („Stiel“) abgestorbener Wedel. Im Schulbiologiezentrum sind die Baumfarne durch die australische Dicksonia vertreten (im Themengarten „Genetik, Evolution und Züchtung“).
Farne (und alle anderen Nicht-Blütenpflanzen) entwickeln keine Blüten und keine Samen.
Farne zeichnen sich wie Algen, Moose, Bärlappe und Schachtelhalme durch einen Generationswechsel zwischen gleich gestalteten (isomorphen) und unterschiedlich gestalteten (heteromorphen), asexuellen und sexuellen Phasen aus. Der „typische“ Farn erzeugt (ungeschlechtlich) Sporen, die sich zu einem winzigen, vom Farn völlig verschiedenen Prothallium entwickeln, welches der geschlechtlichen Fortpflanzung dient.
Die Gametophyten erfüllen ihre Funktion nur in feuchter Umgebung, sonst sterben sie ohne Nachkommen ab. Die Farn-Sporophyten einiger Arten haben sich von ihrem feuchten Ursprung „emanzipiert“ und besiedeln trockene Lebensräume. Diese „Auslagerung“ der sexuellen Phase erscheint in diesen Fällen als evolutionärer Nachteil.
Eine deutliche Höherentwicklung zeigen die Palm- oder Samenfarne, zu denen das „lebende Fossil“ Cycas gehört (im Themengarten „Genetik, Evolution und Züchtung“). Palmfarne entwickelten sich vor etwa 250 Millionen Jahren (Perm) aus farnähnlichen Vorfahren. Sie sind keine Sporen-, sondern Samenpflanzen.

♂ Pflanze,

Sporophylle

Foto: Wikimedia, Stan Shebs

♀-Pflanze,

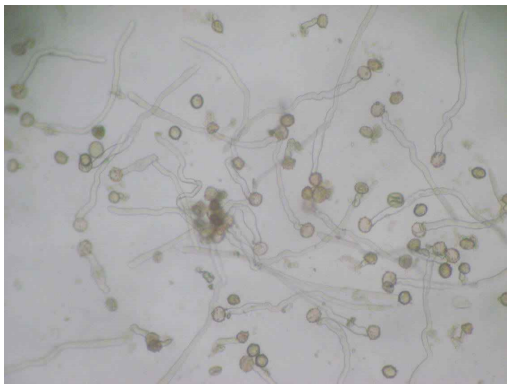
Samen

Foto: Wikimedia

Vergleicht man sie mit einem „üblichen“ Farn (z.B. dem Nestfarn) fällt auf: Cycas ist zweihäusig, also entweder männlich oder weiblich. Die männlichen Pflanzen bilden zwischen den grünen Trophophyllen spezielle, zu Kegeln zusammengefasste Sporophylle aus, die Pollen (d.h. Sporen) produzieren. Bei der Keimung der in die weibliche Pflanze eingewehten Pollen entsteht ein Pollenschlauch, der einen extrem reduzierten Gametophyten mit ebenso reduziertem Antheridium darstellt. Der Pollenschlauch entlässt bewegliche Spermatozoiden.
Auch bei der weiblichen Pflanze ist der Gametophyt extrem reduziert und verbleibt auf der Pflanze. Nach der Befruchtung der Eizelle übernehmen die „Reste“ des weiblichen Gametophyten die Bildung des Samens.

Was unterscheidet Sporenpflanzen von Samenpflanzen?

Auch die Samenpflanzen machen einen Generationswechsel durch. Er läuft allerdings so reduziert und im Verborgenen ab, dass die stammesgeschichtlichen Zusammenhänge erst vor etwas mehr als hundert Jahren entdeckt wurden.
Zu den heutigen Samenpflanzen gehören die Palmfarne (Cycadopsida), die Ginkgos (Ginkgopsida), die Nadelbäume (Coniferopsida) und die Blütenpflanzen im eigentlichen Sinne (Magnoliopsida).
Die beiden letzten Gruppen werden auch – nicht ganz korrekt - Nacktsamer (Gymnospermen) und Bedecktsamer (Angiospermen) genannt. Zu den Coniferopsida gehören noch die Gnetales (darunter das „lebende Fossil“ Welwitschia aus Südafrika).
Alle Samenpflanzen bilden **Samen**, aber auch **Sporen** aus, was aber nicht auf den ersten Blick zu erkennen ist. Die Sporen sind nicht mehr gleichförmig (isospor) wie bei den „typischen“ Farnen, sondern, wie z.B. bei den Wasserfarnen, geschlechtsspezifisch verschiedengestaltig (heteropspor).
Die männlichen Mikrosporen der Samenpflanzen sind die Pollen („Blütenstaub“) aus denen ein extrem reduzierter „Mikrogametophyt“, der Pollenschlauch, hervorgeht. Er enthält nur zwei (!) unbegeißelte Spermazellen, von denen nur eine die Eizelle befruchtet. Die andere trägt (bei den Angiospermen) durch „Befruchtung“ des Embryosackkerns (verkürzt gesagt) dazu bei, dass das Nährstoff bildende Gewebe einen dreifachen Chromosomensatz erhält und erheblich „leistungsfähiger“ wird (Stichworte: „Triploidie“, „sekundäres Endosperm“, „Doppelte Befruchtung“).



Pollen und Pollenschläuche
Rosskastanie
in zuckerhaltigem Medium
Foto: Ingo Mennerich

Die weiblichen Megasporen entstehen und verbleiben im Inneren des weiblichen Teils der Blüte, den zum Fruchtknoten zusammengeschlossenen Fruchtblättern (weibliche Sporophylle). Aus der Megaspore geht ein auf wenige Zellen reduzierter Megagametophyt, der „Embryosack“ hervor. Das Archegonium der Farne ist zur winzigen, die Eizelle enthaltenden Samenanlage zurückgebildet. Aus den genannten Fruchtblättern (Megasporophyllen) entsteht bei vielen Blütenpflanzen die Frucht.

Einfach gesagt:
Der Gametophyt ist „nach Hause“ geholt worden und wird von der „Mutter“ ernährt.

Mit der Verschmelzung von Spermazelle und Eizelle beginnt bei den Spermatophyta die Bildung des Samens.

Merke:

Sporenpflanzen bilden Sporen, keine Samen.

Samenpflanzen bilden Sporen (Pollen und Samenanlagen), aus denen Samen hervorgehen

Eine notwendige Abgrenzung: Samen gibt es nur bei Pflanzen

Schon der Begriff „Spermatophyta“ weckt möglicherweise falsche Assoziationen. Aber auch in der Umgangssprache gibt es viele Ungenauigkeiten, die das Verständnis des Begriffes „Samen“ erheblich erschweren: Dazu gehört die Verwendung des Begriffes „Samenzelle“ bei Tieren und Menschen, mitunter aber auch bei Pflanzen, z.B. bei den Moosen und Farnen. Diese „Samen“ müssen konsequent als Spermien bzw. Spermatozoiden bezeichnet werden!
Mitunter werden Pollen als „Samen“ bezeichnet. Sie aber sind entwicklungsgeschichtlich gesehen den Sporen gleich zu stellen.

Eine kurze lexikalische Definition des Begriffes „Samen“:

- Der Samen ist eine, durch sexuelle Vereinigung unterschiedlicher, haploider (d.h. mit einfachem Chromosomensatz ausgestatteter) Geschlechtszellen entstandene pflanzliche (!) Fortpflanzungs- und Vermehrungseinheit, zumeist auch zum Überdauern ungünstiger Vegetationsperioden.
- Der Samen enthält den aus der befruchteten Eizelle (der diploiden Zygote) hervorgegangenen Embryo und als „Starthilfe“ die bis zum Einsetzen einer eigenständigen Photosynthese notwendigen Nährstoffe.

Danach findet der Samen der Pflanzen am ehesten eine Entsprechung bei Eier legenden Tieren mit den, den Embryo umgebenden Nährstoffen bzw. bei den lebend gebärenden Tieren im Embryo und den embryonalen Hüllen. Keineswegs aber in den Spermien!

Der evolutionäre Vorteil des Samens ist, dass er den Lebensraum der Pflanze extrem erweitert:

Das Schulbiologiezentrum Hannover stellt jährlich eine umfangreiche Lieferung mit dem Titel „Samenvielfalt“ zusammen. Die dazugehörige Arbeitshilfe geht erheblich tiefer auf diese Aspekte ein als es innerhalb des Themas „Sporenpflanzen – Farne“ möglich ist.
Auch die Lieferung „Keimung der ein- und zweikeimblättrigen Pflanzen“ und die dazugehörige Arbeitshilfe beschäftigen sich mit dem Thema „Samen“.

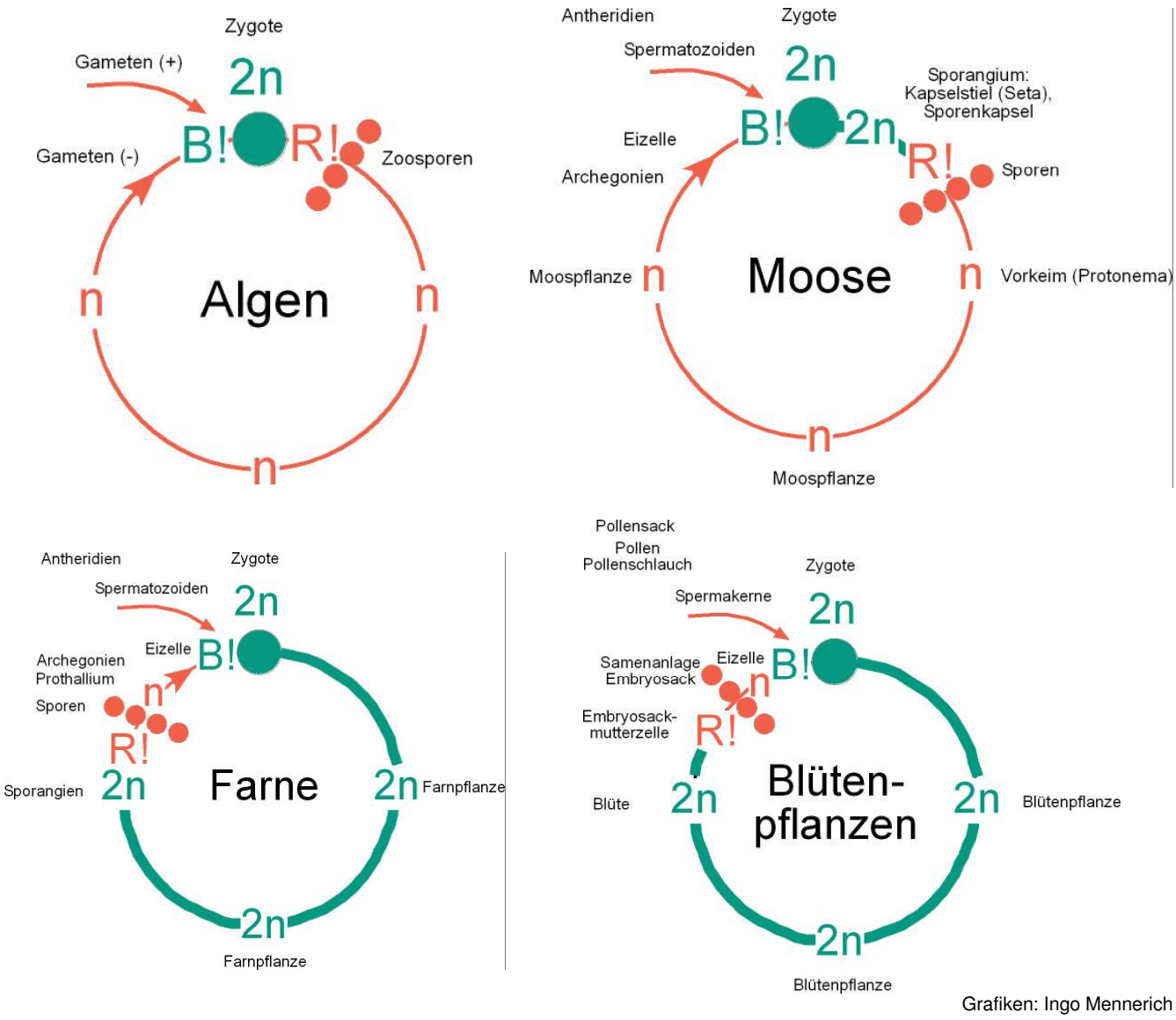
Generations- und Kernphasenwechsel
Schematische Gegenüberstellung Farne - Blütenpflanzen

FARNE	Generation	Kernphase	**BLÜTENPFLANZEN (Angiospermen)**
Sporophyll (Wedel)	Sporophyt	diploid (2n)	♂-Sporophyll (Staubblatt) ♀-Sporophyll (Fruchtblatt)
Sporangium			♂-Sporangium (Pollensack) ♀-Sporangium (Samenanlage)
Meiose, **R!**			Meiose, **R!**
Sporen		haploid (n)	♂-Pollen ♂-Megaspore (entwickelt sich in der Samenanlage zum Embryosack)
Prothallium	Gametophyt		(♂)-Pollenschlauch (♀)-Embryosack
♂-Antheridium ♀-Archegonium			
♂-Spermatoiziod ♀-Eizelle			♂-Spermakern ♀-Eizelle
Befruchtung, **B!**		diploid (2n)	Befruchtung, **B!**
Zygote			Zygote
Embryo	Sporophyt		Embryo (im Samen)
Entwicklung zum Farn (Sporophyt)			Entwicklung zur Blütenpflanze (Sporophyt)
Sporophyll (Wedel)	Sporophyt	diploid (2n)	♂-Sporophyll (Staubblatt) ♀-Sporophyll (Fruchtblatt)

Warum haben Lebewesen den Sex „erfunden“?

Jede lebende Zelle enthält einen „Datensatz“ oder ein „Programm“ zur Realisierung der hochkomplexen Abläufe und Strukturen, die einen Organismus kennzeichnen. Dieses „Archiv“ ist niedergelegt in der für jeden Organismus spezifischen DNA (Desoxyribonukleinsäure). Träger der DNA sind die Chromosomen.
Urtümliche Organismen pflanzen sich fort bzw. vermehren sich durch Teilung der Zelle sowie Verdoppelung und Aufteilung der Chromosomen. Jede „Tochterzelle“ erhält eine Kopie der DNA (vergleichbar mit einer Kopie einer Datei). „Mutter-“ und „Tochterzellen“ sind **haploid**, enthalten also einen einfachen Chromosomensatz.
Der Nachteil dieser „vegetativen“ Fortpflanzungsmethode ist, dass sich die Nachkommen einer Zelle genetisch nicht unterscheiden und auf veränderte Umwelt- und Lebensbedingungen nicht oder nur geringfügig „reagieren“ können. Beispiele für vegetative Fortpflanzung sind in unserer gleichnamigen Lieferung enthalten. Als Beispiel wurde der im Schulbiologiezentrum kultivierte Brutfarn genannt. Die auf den Blättern gebildeten winzigen Farnpflänzchen sind genetisch und folglich - von geringfügigen umweltbedingten Modifikationen abgesehen - auch in ihrem Habitus identisch.
Die auf einer sehr frühen Ebene des Lebens „erfundene“ Sexualität wirkt wie ein „Evolutionsbeschleuniger“, in dem sie Eigenschaften von verschiedenen Organismen innerhalb eines „Genpools“ so miteinander kombinieren kann, dass eine große Variationsbreite entsteht.
Beim Kopieren (Verdoppelung der DNA) kann es zu Ablesefehlern kommen, was für die Nachkommen sowohl positiv als auch – und das ist häufiger - negativ sein kann. In Analogie zum Computer: Eine auch nur geringfügig fehlerhaft kopierte Datei kann in der Regel von der Hardware nicht gelesen werden.
Die „Erfindung“ der Sexualität auf einer sehr frühen Ebene der Evolution schuf – neben der Möglichkeit der Neukombination verschiedener Gene und noch einmal in Analogie zum Computer - ein „Backup“, eine Sicherungskopie. Bei der Befruchtung werden zwei einfache (**haploide**) Chromosomensätze zu einem doppelten (**diploiden**) Satz vereint. Bei früh in der Evolution aufgetretenen Organismen beschränkt sich die diploide Phase auf einen kurzen Zeitraum, so zum Beispiel bei der (haploiden) Grünalge Chlamydomonas, bei der nur die Zygote diploid ist und sich unmittelbar danach durch Meiose in haploide Zoosporen teilt. Auch bei höher entwickelten Algen wie Spirogyra und Chara ist das so. Hier schafft die Sexualität zwar eine höhere Variationsbreite, der oben genannte Vorteil des genetischen „Backups“ wurde dabei aber noch nicht genutzt.
Der in der Geschichte der Lebewesen – und hier mehrfach und unabhängig - eingeschlagene Weg einer Verlängerung der diploiden Phase schuf bei erhöhter Plastizität im Genpool zugleich eine erhöhte Stabilität des genetischen Inventars: Fällt durch Mutation ein Gen von einem Elter aus, kann das dazu passende vom anderen Elter beigesteuerte „schlafende“ Gen als automatische „Rettungseinheit“ auftreten. Wenn haploide und diploide Lebensphasen abwechseln, wird dies als **Generationswechsel** bezeichnet.
Beide Generationen können bei einigen Algen (z.B. dem Meersalat) gleich (isomorph) sein oder wie bei Moosen, Schachtelhalmen, Bärlappgewächsen und Farnen - vollständig unterschiedliche (heteromorphe) Formen haben. Dabei sind in der Evolution eine Vielzahl von Zwischenformen realisiert worden.
Bei den Moosen ist die eigentliche Moospflanze haploid und bildet Geschlechtsorgane (Antheridien und Archegonien) aus. Die diploide Phase ist gegenüber der der Algen verlängert. Der Sporenträger (Sporophyt), der sich aus der befruchteten Eizelle entwickelt und der der Moospflanze als „Blüte“ aufsitzt, enthält zwei Chromosomensätze. Bei der Sporenbildung wird der Chromosomensatz wieder vereinfacht. Noch viel kürzer und unscheinbarer ist die diploide Phase bei den noch urtümlicheren, prothallienartigen Lebermoosen, z.B. dem Brunnenlebermoos Marchantia (vergl. Arbeitshilfen „Brunnenlebermoos / Marchantia“ und „Mondbecher-Lebermoos / Lunularia“).
Bei den Bärlappen, Schachtelhalmen und Farnen tritt die haploide Phase deutlich zurück und beschränkt sich auf die Sporen und den Gametophyten (Prothallium).
Bei den Blütenpflanzen ist das haploide Stadium extrem verkürzt (Pollen, Pollenschlauch, Spermakern bzw. Embryosack, Samenanlage, Eizelle).

Generations- und Kernphasenwechsel bei Algen, Moosen, Farnen und Blütenpflanzen

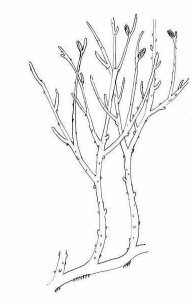


Grafiken: Ingo Mennerich

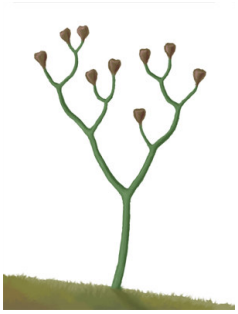
Der (heteromorphe) Generationswechsel hat sich also als pflanzengeschichtliches „Erbe“ in extremer, aber sehr versteckter Form bei den Blütenpflanzen erhalten. Vorteilhafte Eigenschaften, wie der Generationswechsel mit langer diploider Phase, sind in der Evolution nicht „abgewählt“ sondern in optimierter Form abgeändert worden. Die „Niederen“ Sporenpflanzen sind stets in dem Kontext zu betrachten, dass es blühende Pflanzen ohne sie nie gegeben hätte.

„Landnahme“: Sporenpflanzen und Evolution

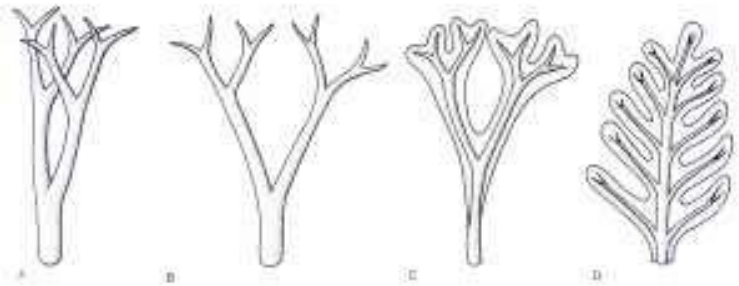
Die Evolution der Landpflanzen begann vor etwa 475 Millionen Jahren im Devon.
Urtypen waren kleine, dichotom (gabelig) verzweigte, noch blattlose Pflanzen wie Rhynia und Cooksonia mit endständigen Sporangien. Ein heutiger Vertreter dieser „Ursporenpflanzen“ ist das zu den Gabelblattgewächsen zählende Psilotum. Der Spross späterer Landpflanzen entwickelte sich wahrscheinlich durch „Übergipfelung“, bei der anstelle zweier gleichrangiger Sprosse nur einer zur Hauptsprossachse wird und das Wachstum seitlicher Sprossachsen hemmte. Blätter werden sich durch Übergipfelung und Planation, dem Zusammenwachsen mehrerer Sprossachsen entwickelt haben.



Rhynia
Wikimedia
Greinstadl



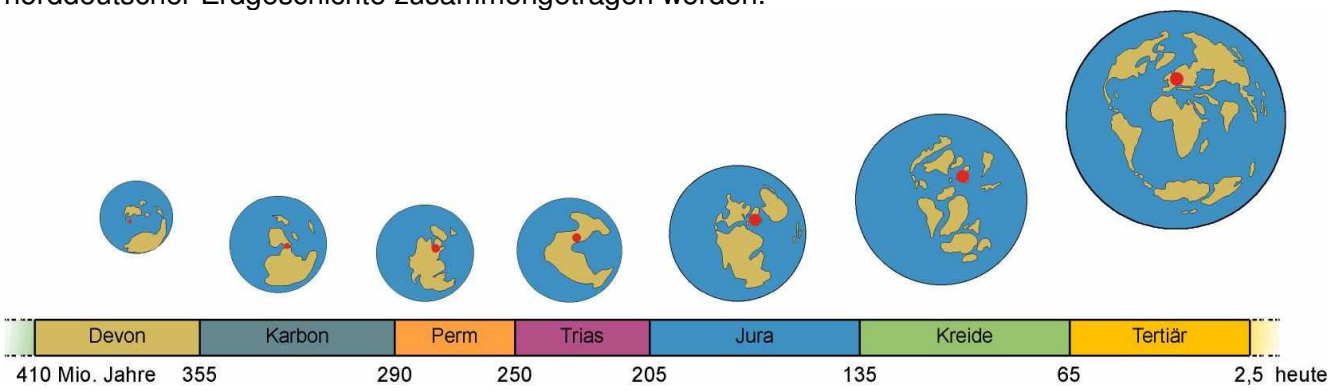
Cooksonia
Wikimedia
Ville Koistinen



Übergang von dichotom verzweigten Telomen zu Blättern
Wikimedia

Die „Landnahme“ der Pflanzen ging einher mit der Entwicklung zahlreicher anatomischer Veränderungen, die die Pflanze unabhängig von ihrer früheren wässrigen Umgebung machte. Dazu gehörten Verdunstungsschutz, Leitungsbahnen und die Fähigkeit, Wasser gegen die Schwerkraft in höhere Stockwerke zu befördern und zu verteilen.
Diese Entwicklung erfolgte nicht zielgerichtet, nicht geradlinig und ist in mehreren fossil erhaltenen Pflanzengruppen unabhängig voneinander zu verfolgen. Einige sind ausgestorben, andere haben – als Typ – bis heute überdauert.
Vorläufer der Landpflanzen waren Pflanzen, die ihre Entsprechung vielleicht in den heutigen, im Schulbiologiezentrum Hannover zu findenden Armleuchteralgen (Characeae) haben. Die Gattung Chara haben wir in der Arbeitshilfenreihe „Pflanzen im Schulbiologiezentrum – Ein Streifzug durch die Evolution“ steckbriefartig beschrieben, desgleichen auch einige ihrer „Vorgänger“ (Bakterien: Escheria, Grünalgen: Chlamydomonas, Apatococcus, Volvox), Jochalgen (Spirogyra).
Pflanzen aus der Gruppe der Armleuchteralgen (z.B. Chara) haben mit der „Erfindung“ einer festen Hülle um die Eizelle den Übergang zum Landleben möglich gemacht. Das Auftreten des gegen Trockenheit und bakteriellen Angriffs resistenten Hüllproteins Sporopollenin ist ein entscheidender Schritt auf dem Wege zu den Landpflanzen, den Embryophyten. Die Evolution ist in vieler Hinsicht konservativ: Auch die Sporenhüllen der Sporenpflanzen und die Pollenwände der Blütenpflanzen enthalten Sporopollenin.
Auch einige Typen früher, aber noch heute präsenter Landpflanzen haben wir in der oben genannten Reihe vorgestellt, die Lebermoose (Marchantia), die Laubmoose (Funaria, Grimmia), die Schachtelhalme (Equisetum) und die Farne (Dryopteris).

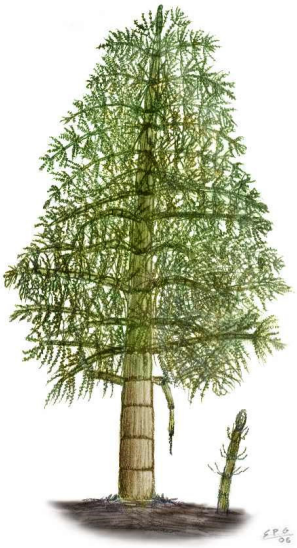
Die Evolution der Pflanzen kann in Kombination mit Elementen unseres seit 10 Jahren bestehenden „GeoGartens“ erfolgen: Hier sind steinerne Zeitzeugen aus etwa 400 Millionen Jahre norddeutscher Erdgeschichte zusammengetragen worden.



Grafik: Ingo Mennerich, Schulbiologiezentrum Hannover, „GeoGarten“

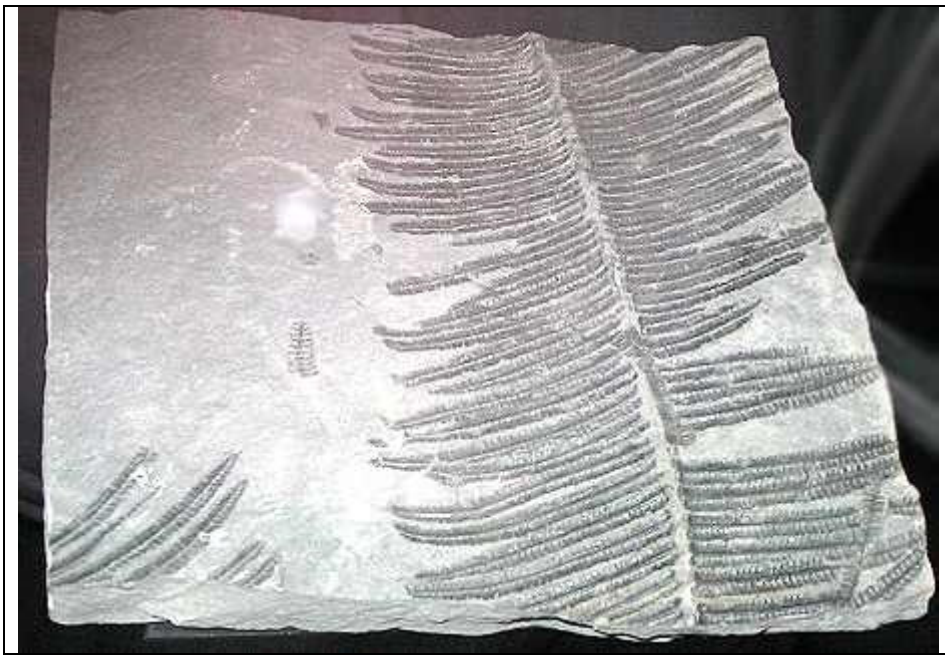
Die große Zeit der Sporenpflanzen war im Karbon, der feuchtwarmen „Kohlezeit“ vor etwa 355 – 290 Millionen Jahren. Damals bildeten Farne zusammen mit zu den Bärlapp- und Schachtelhalmgewächsen zählenden Pflanzen große sumpfige Urwälder. Das obere Karbon war geprägt von bis zu 35 m hohen Bärlappbäumen, den Lepidodendren und Riesen-Schachtelhalmen, den bis zu 20 m hohen Calamiten. Die Mehrzahl aus diesen Gruppen starben, an feuchte Verhältnisse gebunden, in der trockenen Nachkarbonzeit (Perm) aus. Heute gibt es nur noch eine Gattung der Schachtelhalme (Equisetum) mit etwa 30 krautigen, in der Mehrzahl niedrigen Arten. Die heutigen, ebenfalls krautigen und kleinwüchsigen Bärlappgewächse umfassen etwa 1200 Arten. Dazu gehören die eigentlichen Bärlappe (Lycopodium), die Moosfarne (Selaginella-Arten, z.B. die nicht ganz typische „Rose von Jericho“) und die Brachsenkräuter (Isoetes)

Lepidodendron
www.deviantart.com



Calamites
www.deviantart.com

Psaronius
www.creaweb.fr, Francoise Gantet



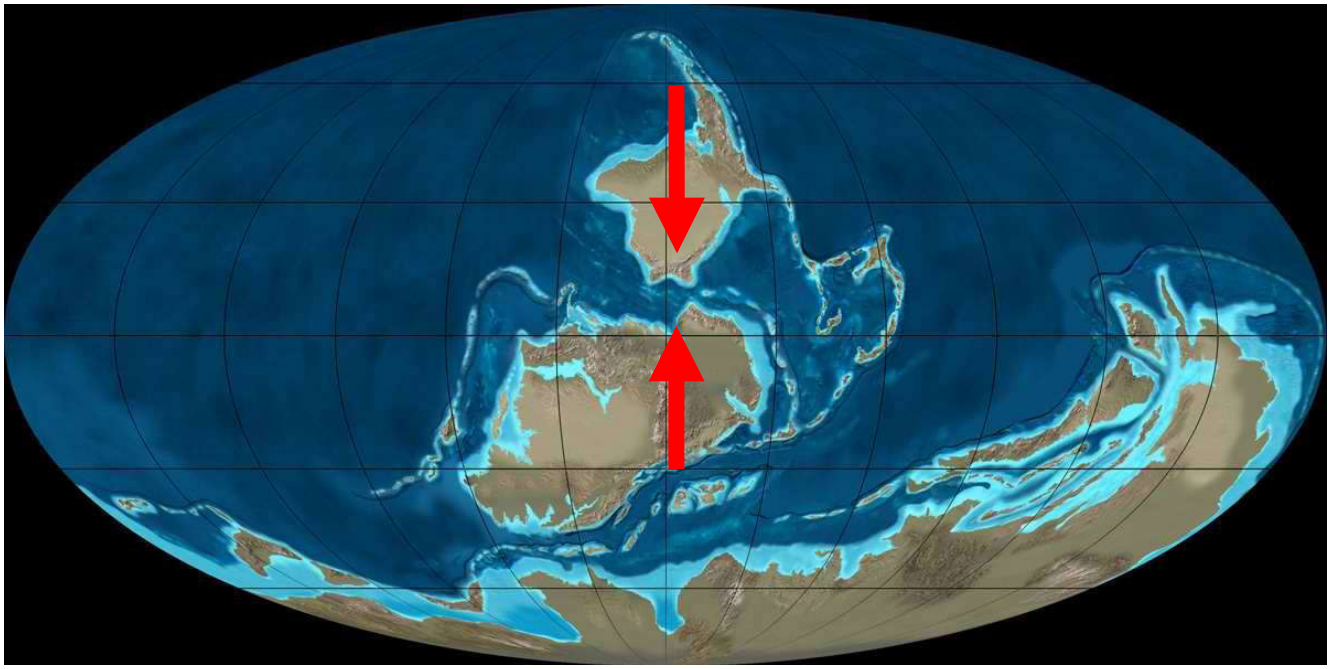
Psaronius (fossil)

Wikimedia

Pablo Alberto Salguero Quiles

Die ältesten Spuren der Farne gehen bis vor etwa 360 Millionen Jahre ins Devon zurück. Die heutigen Farnfamilien haben allerdings jüngere, bis in die Kreidezeit (-125 Mill. J.) reichende Wurzeln. Die bis zu 8 Meter hohen Baumfarne des Karbons, z.B. Psaronius, Riesen-Bärlappe und –Schachtelhalme, starben im Perm aus. Die meisten der heutigen, in Australien, Neuseeland und Südamerika beheimateten und beispielsweise im hannoverschen Berggarten angepflanzten Baumfarne (z.B. Cyathea, Dicksonia) sind moderne (leptosporangiate) und keine direkten Nachfolger karbonischer Farne.
Erhalten gebliebene Gattungen der urtümlichen (eusporangiaten) Farne sind die Mondraute (Botrychium) und Natternzunge (Ophioglossum), die in Mitteleuropa vorkommen (und vom Aussterben bedroht sind), sowie die Marattiales mit etwa 200 Arten größerer Baumfarne in Südamerika, Asien und Australien.
Farne sind „Urpflanzen“ in dem Sinne, dass sie ihre „Blütezeit“ hatten, als noch die Saurier die „Urwelt“ bevölkerten. Farne aber blühen nicht: Saurier kannten keine oder nur recht primitive Blütenpflanzen, sie breiteten sich erst später aus. Farne bilden keine Samen, sie sind wie Leber- und Laubmoose, Schachtelhalm- und Bärlappgewächse Sporenpflanzen.

Im Bereich des heutigen Mitteleuropas kollidierten im Karbon zwei Kontinente, der „Old Red“-Kontinent und „Gondwana“. Im dazwischen liegenden, dann verengten Meeresarm lagerten sich viele Generationen dieser „Urweltbäume“ ab und wurden in Jahrmillionen zu Kohle, Erdöl und Erdgas. Man kann ihnen und den driftenden Erdplatten dankbar sein: Diese in Millionen von Jahren durch Photosynthese gebundene Sonnenenergie bildete viel später die Grundlage unserer Industrie-gesellschaft.



Der (langsame) Zusammenstoß der Erdplatten schuf das Variszische Gebirge, dessen Reste sich z.B. im Harz und im Rheinischen Schiefergebirge wiederfinden und einen Großkontinent (Pangäa), dessen Fläche naturgemäß zunehmend „meeresfern“ wurde und austrocknete. Gleichzeitig stieg der vorher durch das üppige Wachstum der Urwälder gebundene CO_2-Gehalt der Atmosphäre. Durch den Treibhauseffekt wurde es wärmer. Dies lenkte den Evolutionsdruck in neue Richtungen: Die an feuchte Bedingungen angepassten Landpflanzen veränderten sich in vielerlei Hinsicht, z.B. in ihrer Fortpflanzungsstrategie. Dazu gehört die „Erfindung“ des Samens. Parallel dazu vollzog sich die Entwicklung von den Amphibien zu den Reptilien und Vögeln. Diese legen beschalte Eier, innerhalb derer sich die Larvenentwicklung gewissermaßen im „Wasser“ vollzieht.

Die Vorherrschaft der Sporenpflanzen ging zurück: Die heutigen Farne umfassen nur noch etwa 12.000 Arten, etwa 200 davon leben in Mitteleuropa. Auf der südlichen Erdhalbkugel haben sich noch Baumfarne erhalten, z.B. in Australien und Neuseeland. Sie sind z.B. im Berggarten in Hannover zu sehen. Auf den ersten Blick sehen sie aus wie Palmen. Beim genaueren Hinsehen wird aber deutlich, dass sie ganz anders gebaut sind und mit „Bäumen“ nur die Größe gemein haben.
Die Mehrzahl der bei uns lebenden Farne ist krautig, kleinwüchsig und für die meisten von uns so unattraktiv, dass sich nur die Wenigsten mit ihnen auskennen.
Den etwa 12.000 Farnen stehen etwa 250.000 Blütenpflanzenarten (Angiospermen) gegenüber. Anders als bei den Blütenpflanzen gibt es bei den Farnen keine „Werbung“ und keine „Lockangebote“ für Bestäuber. Die Verbreitung der leichten Sporen erfolgt ausschließlich durch den Wind. Anders als bei den Coniferen und vielen ebenso windbestäubten Blütenpflanzen (Eiche, Buche, Birke, Erle, Ulme usw.), bei denen die Pollen auf weibliche Blüten der selben Art fallen sollten, kann man die Sporenverbreitung der Farne nicht als ineffektiv bezeichnen. Sie müssen nur auf feuchten Boden fallen.

„Farnsamen“, „Teufelswisch und „Engelsüß“: Farne in der mittelalterlichen und neuzeitlichen Mythologie

Im Mittelalter gehörten Farne zu jedem Kräutergarten: Sie sollten böse Geister, Dämonen und selbst den „Leibhaftigen“ fernhalten. Farne, über der Haustür aufgehängt oder bei sich getragen, galten als Schutz vor Anschlägen auf Haus, Leib und Leben.
Daneben wurden ihnen vielfältige Heilwirkungen zugeschrieben, die sich in vielen volkstümlichen Bezeichnungen ausdrückten: Bandwurmwurzel, Flöhkraut, Hexenkraut, Hexenleiter, Hurenkraut, Irrwurz, Teufelswisch, Wanzenkraut, Wanzenwurz und Wurmfarn.
Der Begriff Johanniswurz deutete auf das in der kürzesten Nacht des Jahres von „Hexenmeistern“ gepflegte Einfangen von „Farnsamen“ hin.
Die Fortpflanzungsweise der Farne war bis in die späte Neuzeit hinein ein Rätsel.
Die botanische Bezeichnung des Wurmfarns ist „Dryopteris filix-mas“, wobei filix-mas „männlicher Farn“ bedeutet. Diese Bezeichnung erhielt er, bevor der Leipziger Botaniker Wilhelm Hofmeister in der Mitte des 19. Jh. das Rätsel der Fortpflanzungsweise dieser mysteriösen Pflanzengruppe löste.
Zur zum „Männerfarn“ gehörende Frau war der Frauenfarn „Dryopteris filix-femina“ (weiblicher Farn) auserkoren worden.
Diese vermeintliche „Ehe“ hielt der Wissenschaft nicht stand: Der Frauenfarn wird heute einer anderen Gattung (Athyrium filix-femina) zugeordnet. Nur die Artnamen haben sich erhalten.
Bis dahin waren auch „Farnsamen“ etwas Geheimnisvolles: Ihnen wurden Glück bringende, unsichtbar machende und vor Unwetter schützende Kräfte nachgesagt, und wer sie besaß, galt als reich und mächtig.
„Der hät de Farnsame g'holt!", sagt man auch heute noch in Schwaben über jemanden, der Glück gehabt hat.. „Wir haben das Farnsamenrezept; wir wandeln unsichtbar", schreibt Shakespeare in „Heinrich IV“.
Zu Mitternacht an Johanni zog man einen magischen Kreis mit einem Haselzweig und fing den winzigen „Farnsamen“ auf einem Tuch, einer Tierhaut oder einem Königskerzenblatt auf.
Dieses Tun stieß auf erheblichen Widerstand der Kirche (Inquisition!) und Obrigkeit (Verbot des Sammelns von „Farnsamen“)
Die „Heilwirkung“ des Farns wurde bereits von Hildegard von Bingen beschrieben, die sich großer Popularität in der heutigen, meist weniger kritisch betrachteten „Naturheilkunde“ erfreut.
„Der Farn enthält viel Kraft, und zwar solche Kraft, dass der Teufel ihn meidet. Die Wärme des Farns bezieht ihre Wärme von der Sonne... Denn wie die Sonne das Dunkel erhellt, so verjagt er die Wahnbilder, und daher sind ihm die bösen Geister gram. Wo er wächst, führt der Teufel nur selten seine Täuschungen durch. Er meidet und verabscheut das Haus und den Ort, wo ein Farn ist; Blitz und Hagel fallen dort selten." (Liber simplicis medicinae, Kap. XLVII)
Die heutige Medizin schätzt die Heilwirkung der in Farnen enthaltenen Substanzen eher gering ein oder hält sie sogar für gefährlich.

In der Naturheilkunde dagegen werden dem Wurmfarn, dem Tüpfelfarn, dem Frauenhaarfarn und dem Adlerfarn vielfältige Heilwirkungen zugeschrieben. Auch Selbstmedikation wird empfohlen.
Das Rhizom („Wurzel“) des Tüpfelfarns (Polypodium vulgare), der dort auch, weil süß schmeckend und „von den Engeln gesandt“, als „Engelsüß“ bezeichnet wird, soll gegen „Reizhusten, Bronchialkatarrh, Brustinfektionen, Arthritis, Verdauungsstörungen, Hauterkrankungen und Darmparasiten“ helfen. Und es gibt Anweisungen wie: „Zwei Teelöffel Pulver mit einer Tasse kaltem Wasser zum Sieden bringen, fünf Minuten lang kochen und klar filtern. Von diesem Tee werden zwei bis höchstens drei Tassen über den Tag verteilt getrunken.“ (Umwelt & Gesundheit 4/2006, Allergie-Verein in Europa e.V. (AVE)).
Ein Blick ins Internet zeigt, dass das Pulver auch in Nahrungsergänzungs-, Muskelaufbaumitteln und Aphrodisiaka enthalten ist.
Diesem nachzugehen sprengt den Rahmen dieser Arbeitshilfe, sollte aber als Hinweis auf mögliche Motivationseinstiege und tiefere Recherche zu verstehen sein.
Viele Farne sind extrem giftig:
Der bei uns heimische Adlerfarn kann schon in geringen Mengen beim Weidevieh lebensbedrohliche Vergiftungen hervorrufen.
Die Sporen sollten nicht eingeatmet werden: Das in ihnen enthaltene Enzym Thiaminase steht im Verdacht, Krebs (Knochenmark, Magen, Speiseröhre) zu verursachen.
Vom Verzehr junger Adlerfarntriebe als Wildsalat muss grundsätzlich abgeraten werden.
Auch der in der Volks- und Naturmedizin gegen Band- und Hakenwürmer empfohlene Wurmfarn (Dryopteris filix-mas) enthält Thiaminase!
Farne und ihre medizinische Verwendung befinden sich also mitten im Spannungsfeld zwischen konventioneller Medizin und Naturheilverfahren.

Falsche „Farne“

Beim „googlen“ nach „Farnsamen“ gibt es tatsächlich konkrete, käufliche Angebote:
So werden Samen des „Rainfarns“ angeboten, der allerdings überhaupt kein Farn, sondern eine mit den Margeriten und Gänseblümchen verwandte Blütenpflanze (Korbblütler) ist. Seine Blätter erinnern allerdings an Farnwedel.
Man kann die Schülerinnen und Schüler natürlich auch mal beauftragen, Farnsamen zu kaufen…

Sporen zu Prothallien heranzüchten

Die Lieferung „Sporenpflanzen – Farne“ enthält einen Topf mit Prothallien. Sie eignen sich, um unter dem Mikroskop nach Antheridien und Archegonien zu suchen.
Prothallien kann man auch selbst heranzüchten.
Dafür braucht man Sporen, ein geeignetes steriles Kultursubstrat (Erde), Feuchtigkeit, Wärme und je nach Art eine sonnige oder halbschattige Umgebung.
Ein Farnwedel, beispielsweise des Wurmfarns, produziert rund 1 Million Sporen.
Unter bestimmten Bedingungen gelingt es, sie zu Protonemen und dann zu Prothallien auskeimen zu lassen. Wichtig ist der Zeitpunkt: Sporangien und Sporen müssen reif sein. Sporangien streuen, in trockene Umgebung gebracht, auch unreife, grüne Sporen aus. Unsere heimischen, winterharten Farne reifen vom Sommer bis in den Spätherbst hinein.
Als Substrat eignet sich Gartenerde, der je nach Art etwas Torf (sauer) oder Kalk (basisch) hinzugefügt werden sollte.
Damit die Sporenkeimlinge nicht von Algen, Moosen und Schimmelpilzen überwachsen werden, muss das Substrat sterilisiert werden, entweder durch kochendes Wasser, in der Mikrowelle oder besser im Autoklaven* (ersatzweise Dampfdrucktopf).
Auch mit Agar gebundene Erdabkochungen sind empfehlenswert.
KREMER (2002) empfiehlt in „Das Große Kosmos-Buch der Mikroskopie“ sterilisierten Sand und Torf mit 10fach verdünntem Blumen-Flüssigdünger zu übergießen.
Als Keimgefäße eignen sich saubere Blumentöpfe* aus Kunststoff oder Petrischalen*.

Legen Sie einen Farnwedel mit den Sori nach unten zeigend und mit einem Buch beschwert auf ein weißes Blatt Papier. Nach einigen Stunden haben die Sporen ein Abbild des Farnwedels gezeichnet.

Geben Sie die Sporen auf das sterilisierte, mit abgekochtem (sterilen) Wasser gut durchgefeuchtete, aber nicht nasse Substrat und ziehen sie als Verdunstungsschutz eine transparente Plastikfolie darüber. Die Keimtemperatur sollte zwischen 20 und 30°C liegen. Sporen brauchen zur Prothallienbildung Licht, im dunklen Wärmeschrank keimen sie nicht.
Rotlicht soll keimfördernd wirken!
Im Laufe etwa einer Woche überzieht sich das Substrat mit einem grünen, Billardtisch-ähnlichen Filz. Mit einer sterilen Pipette können erste Proben entnommen werden: Zunächst bilden sich nur fadenförmige, den Protonemen der Moose ähnliche Zellverbände. Später werden daraus die typischen, herzförmigen Prothallien, denen zarte Farnpflanzen entwachsen.
Achtung: Säen sie die Sporen nicht zu dicht, sonst bilden die Prothallien nur Antheridien aus. Und ohne Archegonien werden aus den Prothallien natürlich keine Farne!

Eine Biosphäre für Sporenpflanzen: Das „Farnarium“

Alle in unserer Lieferung enthaltenen 5 Farne sind „Biosphärentauglich“. Das heißt, sie lassen sich in ein mit torfiger Erde und etwas Wasser versehenes, später verschlossenes Glasgefäß setzen und brauchen dann keine Pflege mehr.
Licht (nicht zu viel!) liefert den „Input“ an Energie, das Wasser kann nicht entweichen und durchläuft den auch für die Erdatmosphäre typischen Kreislauf und der Boden regeneriert sich durch die bakterielle Umwandlung von welkem „Abfall“.
Je größer diese „Biosphäre“, desto größer die Aussichten auf Erfolg. Maßgeblich ist nicht nur die „Endgröße“ der Pflanzen sondern auch das Verhältnis von Pflanzenmasse und Luftvolumen. Das Wachstum bindet CO_2, das bei der Atmung nicht vollständig zurückgegeben wird und dessen Konzentration in der Luft folglich zurückgeht. Das hat vermindertes Wachstum zur Folge.
Biosphärentauglich sind auch viele andere Pflanzen, das „Farnarium“ lässt aber teilhaben an der sonst meist versteckten Fortpflanzungsstrategie der Farne: Nach einiger Zeit ist der Boden mit einem grünen Schleier überzogen. Öffnet man das Gefäß und entnimmt Proben, kann man feststellen, dass sich Prothallien entwickelt haben, aus denen – mit etwas Glück – kleine Farnpflanzen entwachsen.
Das Projekt „Farnarium“ braucht naturgemäß Zeit, ist aber wenig pflegeaufwändig.

Im viktorianischen Großbritannien des 19. Jahrhunderts grassierte eine Krankheit, die „Pteridomania“. Darunter verstand man die über alle sozialen Schichten hinweg verbreitete Sucht, sich mit Farnen zu umgeben. Diese wurden ausgegraben und zum Schutze vor der Luftverschmutzung der frühen Industriezeit unter Glas, in so genannten Ward´schen Kästen (Wardian cases), gehalten, die damit Vorläufer unseres Farnariums waren.

Abbildung:
Wardian Case, WIKIMEDIA, zeitgenössische Zeichnung

Ingo Mennerich
Schulbiologiezentrum Hannover,
Sylt, Oktober/November 2011

Farnarten der Lieferung „Sporenpflanzen – Farne“

	Aufrechter Schwertfarn (Nephrolepis exaltata) Foto: Wikimedia BotBln		Gewöhnlicher Geweihfarn (Platycerium bifurcatum) Foto: WIKIMEDIA, Forest & Kim Starr
	Nestfarn (Asplenium nidus) Foto: Wikimedia		
	Kretischer Saumfarn (Pteris cretica) Foto: Wikimedia Marc Pelligrini		Mondsichelfarn (Polystichum falcatum) Foto: WIKIMEDIA, Stan Shebs

Herkunft, Lebensraum, Haltung und Besonderheiten der Farne unserer Lieferung

#	Art / Familie	Herkunft / Lebensraum	Haltung	Besonderheiten
1	**Aufrechter Schwertfarn (Nephrolepis exaltata)** Familie: **Lomariopsidaceae** / **Nephrolepidaceae** mit etwa 70 Arten	Florida, Mexiko, Mittelamerika feucht, schattig	• Raumhaltung bei Zimmertemperatur minimal 12°C • Im Sommer auch draußen, halbschattig • Hell (keine Mittagssonne) • Gießen: gleichmäßig feucht halten • Klima: Luftfeucht, nicht in Heizungsnähe! • Substrat: Blumenerde, Zusatz Torf • Vermehrung: Ausläufer, Sporen	wächst epiphytisch z.B. auf Palmetto-Palmen, z.t. auch terrestrisch Verwandte:
2	**Nestfarn (Asplenium nidus)** Familie: **Streifenfarngewächse** (Aspleniaceae), mit etwa 720 Arten	Ostafrika, tropisches Asien, Australien, Polynesien Regenwald	• Raumhaltung bei Zimmertemperatur • Ganzjährig nicht unter 14°C. • Hell (keine Mittagssonne) • Gießen: Reichlich, ab und zu in kalkfreiem lauwarmen Wasser tauchen • Klima: Luftfeucht, nicht in Heizungsnähe! Nicht sprühen! Evtl. auf mit Kies und Wasser gefüllte Schale stellen • Substrat: Blumenerde, Zusatz Torf • Düngung: Sommer mäßig, Winter wenig • Vermehrung: Sporen (auf keimfreiem Erde-Sand-Torf Gemisch, Keimtemperatur 22°C	Wächst epiphytisch auf Bäumen, Wedel bilden Trichter („Nest“) der angewehte bzw. eingeschwemmte Erde und Detritus sammelt. Sterile und fertile Wedel gleich gestaltet. Sporangien in Streifen angeordnet (Streifenfarn!) Verwandte: Brutfarn (A. bulbiferum / A. dimorphum / Australien / Neuseeland (vegetative Vermehrung durch „Kindel“) Mehrere einheimische Asplenium-Arten, z.B. die dem Nestfarn ähnliche Hirschzunge (A. scolopendrium) mit ungeteilten Wedeln, weiterhin Braunstieliger Streifenfarn (A. trichomanes) und Mauerraute (A. ruta-muralis) mit geteilten, fiederartigen Wedeln

3	**Kretischer Saumfarn (Pteris cretica)** Familie: **Saumfarngewächse** (Pteridaceae) mit etwa 950 Arten darunter Gattung Adiantum (Frauenhaaarfarn), etwa 280 Pteris-Arten (alle subtropisch / tropisch) cretica: „aus Kreta“	Ursprung unbekannt, Tropen und Subtropen, Afrika, Asien, heute weltweit verbreitet	• Raumhaltung bei Zimmertemperatur (ganzjährig), minimal 15°C, • keine Ruhezeit • Hell bis halbschattig , (keine Mittagssonne), panaschierte Formen heller halten • Gießen: gleichmäßig feucht (aber nicht nass!) halten, darf nicht austrocknen • Hohe Luftfeuchtigkeit, nicht in Heizungsnähe! Nicht Sprühen! • Substrat: Blumenerde, Zusatz Torf • Düngung: Mäßig, im Winter weniger • Vermehrung: Teilen beim Umtopfen, Sporen	Sporangien randständig (Saumfarngewächse)
4	**Gewöhnlicher Geweihfarn (Platycerium bifurcatum)** Familie: **Tüpfelfarngewächse** (Polypodiaceae) Platycerium: „Breites Horn“ Bifurcatum: „gegabelt“ 17 Arten Englisch: Staghorn fern, Elk’s horn fern, Antelope ear	Südost- und Ostaustralien, Papua Neuguinea, Neukaledonien 6 weitere Arten in Afrika/Madagaskar, 1 Art in Südamerika 8-11 Arten in Ostasien/Australien (Hinweis darauf, dass die Gattung Platycerium im Großkontinent Pangäa entstand)	• Wird sehr alt und wächst sehr langsam! • Raumhaltung bei Zimmertemperatur (Sommer 20-22°C, Winter 16-18°C), minimal 15°C, keine Ruhezeit • Halbschattig bis schattig, im Sommer keine Mittagssonne! • Gießen: im Sommer kräftig gießen, dann Wasser ablaufen lassen (keine Staunässe, sonst Wurzelfäule), sonst häufiger in temperiertem abgestandenem Wasser tauchen. Danach gerne austrocknen lassen. Blätter nicht benetzen! Im Winter sehr sparsam gießen! • Mittlere Luftfeuchtigkeit, nicht in Heizungsnähe! • Substrat: Lockeres (!) Substrat aus Blumenerde, Torf • Düngung: Mäßig, im Winter wenig • Vermehrung: Teilen beim Umtopfen • Krankheiten: Schildläuse bei zu trockener Haltung, durch Zugluft trockene Blattspitzen	Großer Farn (> 1m), wächst epiphytisch (nicht als Parasit!) auf Bäumen Heterophyllie (Verschiedenblättrigkeit), Tropho- und Sporophylle verschieden: Randständige **sterile**, schild- bis nierenförmige, bis 30 cm breite „Nestwedel“, die im Alter braun und papierartig werden. Sie bilden ein „Nest“, in dem sich Erde und Detritus sammelt. Nestblätter nicht entfernen! Zwischen den „Nestwedeln“ stehende grüne **fertile**, schmale, sich verzweigende („Geweihfarn“), bis 90 cm Wedel. Von Wachsschicht überzogen (Blattsukkulenz). Blätter nicht abwischen (Verdunstungsschutz!) **Sporangien** an den Enden der Verzweigungen Vegetative „Kindel“ an der Basis Einheimische Verwandte: Tüpfelfarn (Polypodium vulgare)

5	**Mondsichelfarn (Polystichum falcatum)** (syn. Cyrtomium falcatum) Familie: **Wurmfarngewächse** (Dryopteridaceae) Mit etwa 1700 Arten, darunter Wurmfarn und Dornfarn falcatum: „sichelförmig“	Japan, Korea, S- und SO-China, Vietnam, Indien Heute auch als „Neophyt“ in Europa und N-Amerika Felshänge, Felsspalten, Kliffkanten, Flussufer	• Anspruchslos, robust • Raumhaltung oder draußen, im Winter kühl um 10°C halten (sonst sprühen), bei zu warmer Winterhaltung Läuse • Hell, im Sommer keine Mittagssonne, sonst braune „Brandflecken“, • Gießen: im Sommer reichlich gießen, dann Wasser ablaufen lassen (keine Staunässe, sonst Wurzelfäule, • Im Winter weniger gießen. Nicht austrocknen lassen (sonst zusammengerollte und braune Wedel) • Mittlere Luftfeuchtigkeit, verträgt Heizungsluft • Substrat: Lockeres (!) Substrat aus Blumenerde, Torf • Düngung: Mäßig, im Winter nicht • Vermehrung: Teilen beim Umtopfen, Sporen	6 – 10 etwa halbmeterlange Wedel mit glänzend grünen, ledrigen Blättern Alle Blätter fertil Langes Rhizom Einheimische Arten: Echter Wurmfarn (Dryopteris filix-mas), Gewöhnlicher Dornfarn (D. carthusiana),

Systematik der 5 Farne

Reich	Pflanzen (Plantae)				
Abteilung	Gefäßpflanzen (Tracheophyta)				
Klasse	Echte Farne (Polypodiopsida)				
Ordnung	Tüpfelfarnartige (Polypodiales)				
Familie	Streifenfarngewächse (Aspleniaceae)	Lomariopsidaceae	Saumfarngewächse (Pteridaceae)	Tüpfelfarngewächse (Polypodiaceae)	Wurmfarngewächse (Dryopteridaceae)
Gattung	Streifenfarn (Asplenium)	Schwertfarne (Nephrolepis)	Saumfarne (Pteris)	Geweihfarne (Platycerium)	Tüpfelfarne (Polystichum)
Art	Nestfarn (Asplenium nidus)	Aufrechter Schwertfarn (Nephrolepis exaltata)	Kretischer Saumfarn (Pteris cretica)	Geweihfarn Platycerium bifurcatum	Mondsichelfarn (Polystichum falcatum)

Im Schulbiologiezentrum erhältliche winterharte Farne

Asplenium scolopendrium (Phyllitis scolop.)	Hirschzungenfarn	Aspleniaceae
Athyrium filix - femina	Frauenfarn	Athyriaceae
Dryopteris affinis		Aspidiaceae
Dryopteris atrata	Elefantenrüsselfarn	Aspidiaceae
Dryopteris dilatata	Breitwedeldornfarn	Aspidiaceae
Dryopteris filix-mas	Wurmfarn	Aspidiaceae
Gymnocarpium robertiana (Currania robertiana)	Storchschnabelfarn	Woodsiaceae
Matteuccia struthiopteris	Becherfarn	Woodsiaceae
Osmunda claytoniana	Kronen-Königsfarn	Osmundaceae
Osmunda regalis	Königsfarn	Osmundaceae
Polypodium interjectum	Federtüpfelfarn	Polypodiaceae
Polypodium vulgare	Tüpfelfarn	Polypodiaceae
Polystichum setiferum	Filigranfarn	Aspidiaceae
Woodsia obtusa	Wimpernfarn	Woodsiaceae

Mehr dazu in der Staudenliste 5.4 des Schulbiologiezentrums