

**Kapitel 03.03: Moose, Farne und Schachtelhalme**



Frauenhaarmoos

**Inhalt**

Kapitel 03.03: Moose, Farne und Schachtelhalme.....	1
Inhalt.....	2
Moose - Pioniere und Wasserspeicher.....	3
Der Generationswechsel bei Moosen.....	4
Die geschlechtliche Generation.....	5
Prothallus eines Lebermooses:.....	6
Die ungeschlechtliche Generation.....	7
Lebenszyklus eines Lebermooses.....	8
Lebenszyklus eines Hornmooses.....	8
Lebenszyklus eines Lebermooses.....	9
Nach dem Freisetzen der Sporen ist die Sporenkapsel geöffnet.....	10
Fotos verschiedener Moose mit Sporenkapseln.....	11
Die (schwierige) Systematik der Moose.....	12
Eine mögliche Verwandtschaftsbeziehung der Moose:.....	12
Die Gefäßsporenpflanzen.....	13
Die genauen Verwandtschaftsbeziehungen der Gefäßsporenpflanzen.....	13
Die Farne.....	14
Der Generationswechsel bei Gefäßsporenpflanzen.....	15
Prothallus von <i>Dicksonia antarctica</i> (Baumfarn).....	18
Die Schachtelhalme (Equisetopsida).....	19

## Moose - Pioniere und Wasserspeicher

Moose sind mehrzellige Landpflanzen, die einfacher gebaut sind als die Dir bekannten Samenpflanzen und Kräuter. Moose besiedeln fast alle Standorte sind aber vor allem im Wald zu finden. Sie sind eine sehr alte Pflanzengruppe und waren schon da, als es noch keine Samenpflanzen gab.

Man vermutet, dass es schon vor etwa 400 bis 450 Millionen Jahren einfache Moose gab, welche sich aus den Grünalgen entwickelt haben und so das Wasser verlassen und das Land erobert haben.

Moose sind sehr weich, da sie meist kein Stütz- und Leitgewebe (für Wasser oder Photosyntheseprodukte) ausbilden. So wachsen sie in der Regel in dichten Polstern, um sich gegenseitig zu stützen und in den Zwischenräumen möglichst viel Wasser zu speichern. Dies schützt sie gegen Austrocknung. Moosen fehlt der Verdunstungsschutz!

Die Blätter sind meist lappig (thallos) oder beblättert (folios). Sie sind grün und betreiben Photosynthese. Ihre Zellwände enthalten, aber kein Lignin (deshalb verholzen sie auch nicht!).

Man kennt ca. 16.000 Moosarten. Man unterscheidet zwischen Horn-, Laub- und Lebermoosen.



Horniges Ranzmoos

### **Zusatzinformationen:**

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Moose>

### Der Generationswechsel bei Moosen

Moose (und auch Farne) haben eine sehr ursprüngliche Art der sexuellen Vermehrung. Sie wird Generationswechsel genannt.

Dabei wechseln sich zwei Pflanzenformen ab - es gibt also immer abwechselnd eine geschlechtliche Generation (=Gametophyt) und aus der dann eine ungeschlechtliche Generation entsteht (=Sporophyt). Die beiden Generationen sehen deutlich verschieden aus

Man spricht von einem heteromorphen (=unterschiedliche Gestalt), heterophasischen (=unterschiedliche Kernphasen bei der Vermehrung) Generationswechsel.

Der Gametophyt ist haploid. Das heißt, er hat nur einen einfachen Chromosomensatz. Er ist die eigentliche Moospflanze, welche oft z.B. im Wald gesehen wird.

Der Sporophyt ist in seine Entwicklung und Ernährung vom Gametophyten abhängig. Er ist diploid (vollständigen Chromosomensatz).



Rotstielmoos



Junge (rot) und ältere (schwarz) Sporenkapseln

### Die geschlechtliche Generation

Aus einer (haploiden) Meiospore entwickelt sich ein fädiger Vorkeim (Protonema). Dieser bildet Knospen aus, welche zur eigentlichen Moospflanze werden (die Gametophyten). Meist stirbt der Vorkeim danach ab.

Die Aufgabe des Vorkeims ist also eine ungeschlechtliche (vegetative) Vermehrung. Aus einer Spore entstehen viele gleiche Pflänzchen.

An den Blättern der Gametophyten bilden sich nun die Geschlechtsorgane (=Gametangien). Sie werden Antheridien (männlich) und Archegonien (weiblichen) genannt. Bei Moosen gibt es meist Zweihäusigkeit, d.h. es gibt weibliche und männliche Pflanzen (bedenke, in der Dir bekannten Blüte sind meist beide Geschlechter zu finden - dies nennt man einhäusig)

In den Geschlechtsorganen entstehen nun die haploiden Keimzellen (=Gameten). Die männlichen werden Spermatozoiden genannt, die weiblichen Eizelle. Damit sie von einer Pflanze auf die andere übertragen werden können, ist Wasser notwendig. So können selbst Distanzen von bis zu 1,5cm zurückgelegt werden.

Treffen beide Keimzellen aufeinander, verschmelzen sie (=Befruchtung). Dies geschieht im Archegonium. Es ist eine befruchtete Eizelle (=Zygote) entstanden, aus welcher eine neue Pflanze wird (siehe folgendes Kapitel). Diese Pflanze ist durch sexuelle Vermehrung entstanden.

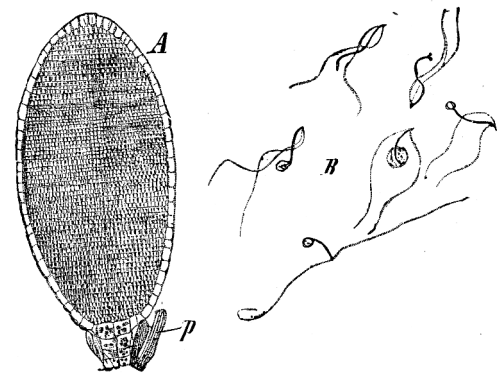


Fig. 311. *Marchantia polymorpha*. A ein fast reifes Antheridium im optischen Durchschnitt, p Paraphysen. B Spermatozoiden mit 1-prozent. Ueberosmiumsäure fixiert. A Vergr. 90. B Vergr. 600.

Quelle Bild: Public domain by Wikicommonsuser Griensteidl & Strasburger: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. G.Fischer, Jena 1900 - thank you:

[http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Marchantia\\_polymorpha\\_Antheridium\\_Strasburger1900.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Marchantia_polymorpha_Antheridium_Strasburger1900.png)

### Keimende Spore:

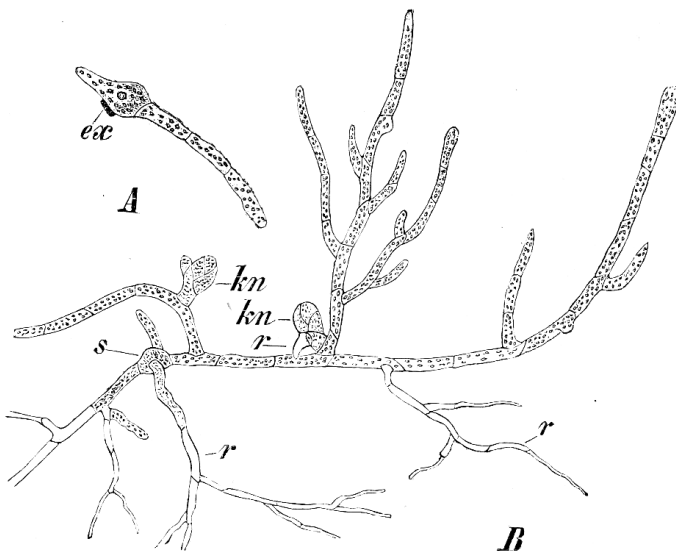
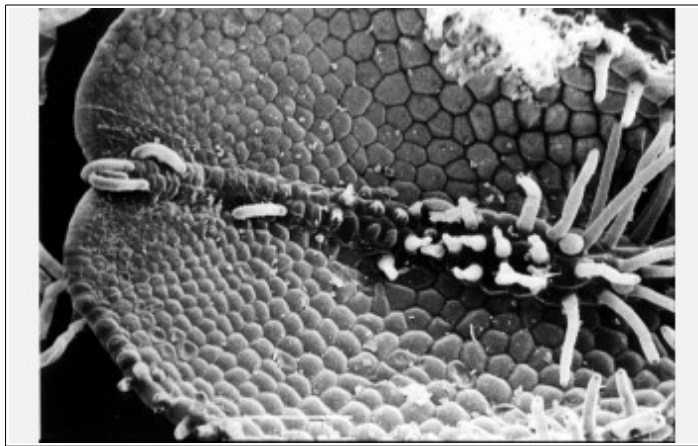


Fig. 313. *Funaria hygrometrica*. A keimende Spore, ex Exine. B Protonema mit Knospen kn und Rhizoiden r, s Spore. Vergrößert. (Nach MÜLLER-THURGAU.)

Quelle Bild: Public domain by Wikicommonsuser Griensteidl & Strasburger: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. G.Fischer, Jena 1900 - thank you:

[http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Funaria\\_hygrometrica\\_Protonema\\_Strasburger1900.png](http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Funaria_hygrometrica_Protonema_Strasburger1900.png)

**Prothallus eines Lebermooses:**



Quelle Bild: Public domain by Wikicommonsuser Juvo415 & US National Science Foundation - Thank you;

<http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Liverwort-prothallus.jpg> [http://www.nsf.gov/news/mmg/mmg\\_disp.cfm?med\\_id=51939&from=search\\_list](http://www.nsf.gov/news/mmg/mmg_disp.cfm?med_id=51939&from=search_list)



Rotstielmoos

### Die ungeschlechtliche Generation

Auf die geschlechtliche Generation folgt die ungeschlechtliche. Die (diploide) befruchtete Eizelle entwickelt sich zu einem Embryo und weiter zum Sporophyten. Der Sporophyt kann sehr verschieden bei den einzelnen Moosen aussehen. Oft wächst er auf (!) dem Gametophyten (aus dessen Archegonium heraus), da er von diesem feuchtem Untergrund genug Wasser und Nährsalze erhält.

Der wachsende Embryo bildet ein Sporogon, an dessen Spitze die Sporenkapsel (=Sporangium) sitzt. In seinem Inneren findet eine Reduktionsteilung (Meiose) statt. Dabei entstehen haploiden Sporen, welche, wenn sie ausgereift sind, die Sporenkapsel verlassen.

Durch Wind und Wasser können sie verbreitet werden. Treffen sie auf den passenden Boden, entwickeln sie sich zum neuen Vorkeim.

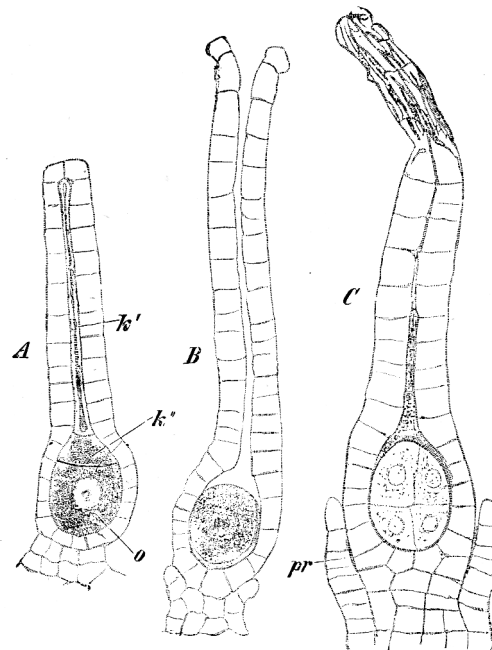


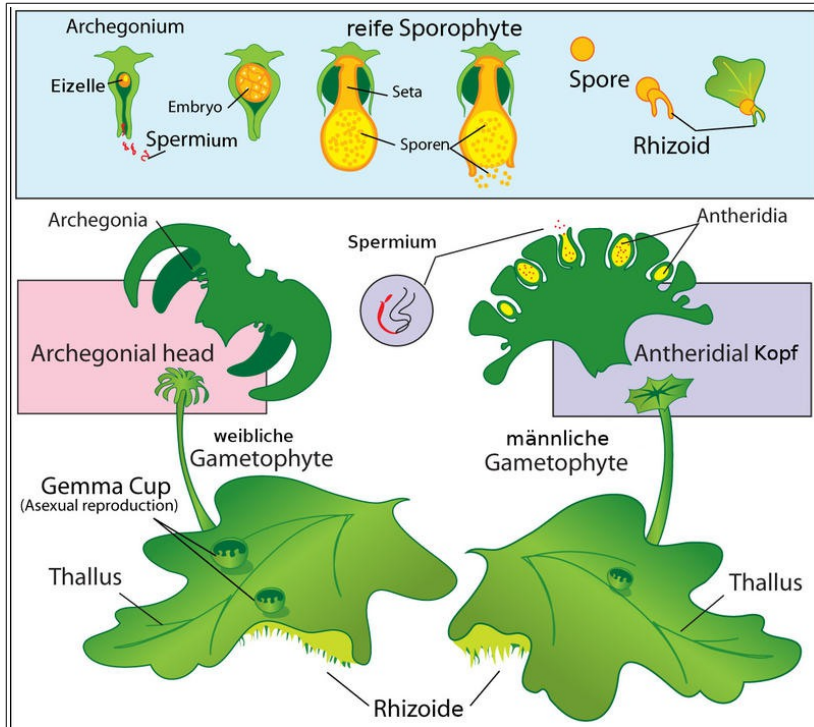
Fig. 312. *Marchantia polymorpha*. A junges, B geöffnetes Archegonium, C befruchtetes Archegonium nach erfolgtem Beginn der Keimbildung, *k'* Halscanalzelle, *k''* Bauchcanalzelle, *o* Ei, *pr* Pseudo-perianth. Vergr. 540.

Quelle Bild: Public domain by Wikicommonsuser Griensteidl & Strasburger: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. G.Fischer, Jena 1900 - thank you: [http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Marchantia\\_polymorpha\\_Archegonium\\_Strasburger1900.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Marchantia_polymorpha_Archegonium_Strasburger1900.png)

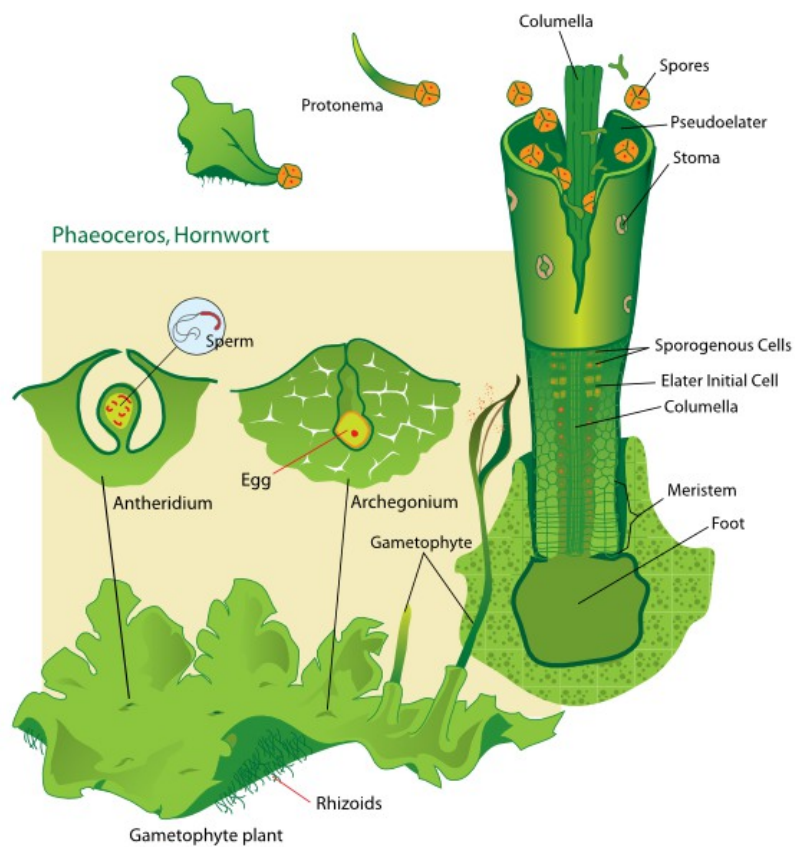
#### Zusatzinformationen:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Generationswechsel>

### Lebenszyklus eines Lebermooses



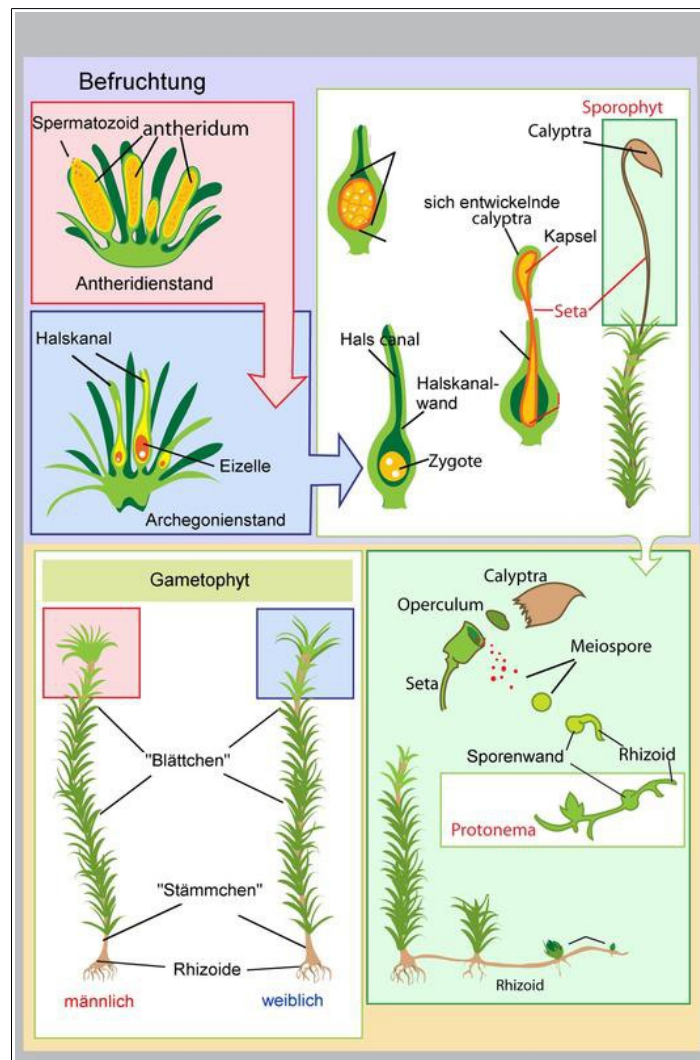
### Lebenszyklus eines Hornmooses



Quelle Bilder: Public domain by Wikicommonsuser LadyofHats (Marina Ruiz) - Thank you;  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Liverwort\\_life\\_cycle.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Liverwort_life_cycle.jpg)  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Hornwort\\_life\\_cicle\\_svg\\_diagram.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Hornwort_life_cicle_svg_diagram.svg)



### Lebenszyklus eines Lebermooses

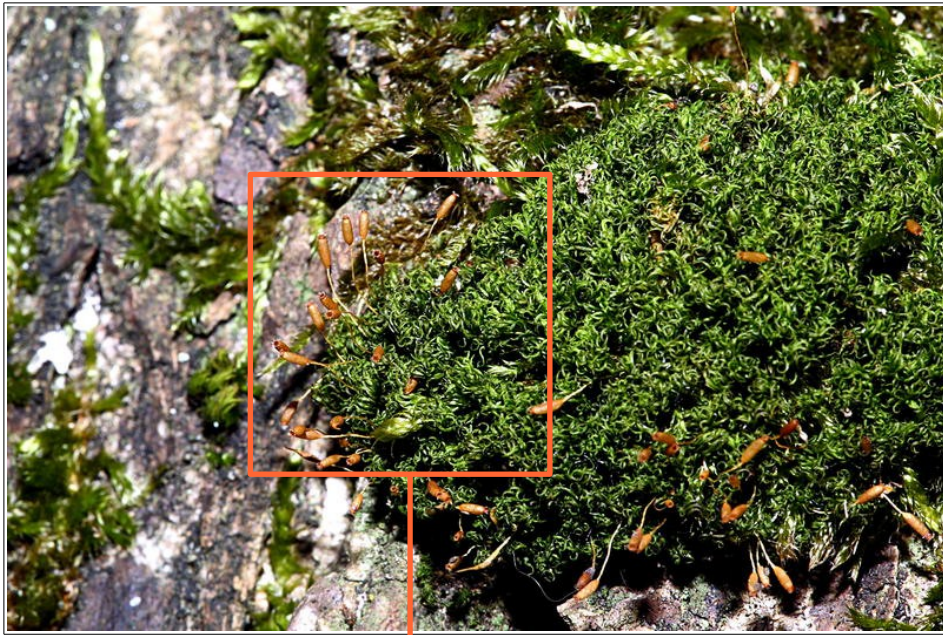


Quelle Bild: Public domain by Wikicomonsuser LadyofHats (Marina Ruiz) - Muchas Gracias;  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Lifecycle\\_moss\\_svg\\_diagram.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Lifecycle_moss_svg_diagram.svg)

**Zusatzinformationen:**

- <http://de.wikipedia.org/wiki/Moose>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Moss>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Diözie>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Plant\\_sexuality](http://en.wikipedia.org/wiki/Plant_sexuality)

**Nach dem Freisetzen der Sporen ist die Sporenkapsel geöffnet**



**Fotos verschiedener Moose mit Sporenkapseln**



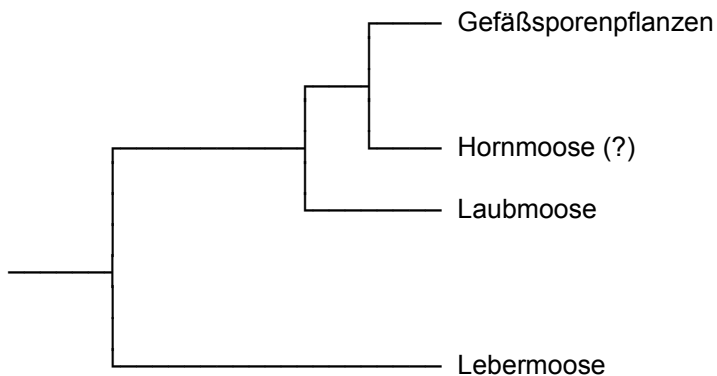
### Die (schwierige) Systematik der Moose

Früher hatte man die Moose als einheitliche Gruppe aufgefasst. Sie wurden in zwei oder drei gleichberechtigte Gruppen eingeteilt. Dabei waren es vor allem optische Gemeinsamkeiten, welche die Arten innerhalb einer Gruppe zusammenfassten.

Genetische Untersuchungen zeigen allerdings, dass diese 3 Gruppen vermutlich nicht direkt miteinander verwandt sind (kein Monophylum, sondern vermutlich Paraphylie!).

Während die Laubmoose vermutlich direkte Verwandte der Gefäßpflanzen sind, scheinen die Lebermoose weiter entfernt zu stehen. Die Einordnung der Hornmoose ist noch schwieriger. Unter Umständen sind sie die engsten Verwandten zu den Gefäßsporenpflanzen.

#### Eine mögliche Verwandtschaftsbeziehung der Moose:



<http://de.wikipedia.org/wiki/Moose#Systematik>

## Die Gefäßsporenpflanzen

Die Gefäßsporenpflanzen (Pteridophyta) werden auf deutsch auch mit dem Begriff „Farnartige Pflanzen“ übersetzt. Sie sind die Schwestergruppe der Samenpflanzen (Spermatophyta)

Diese große Pflanzengruppe der Gefäßsporenpflanzen erkennt man an der typischen Fortpflanzung durch Sporen. Auch gibt es hier wieder einen Generationenwechsel. Allerdings ist hier die dominierende (und weithin bekannte) Form der Sporophyt (diploid).

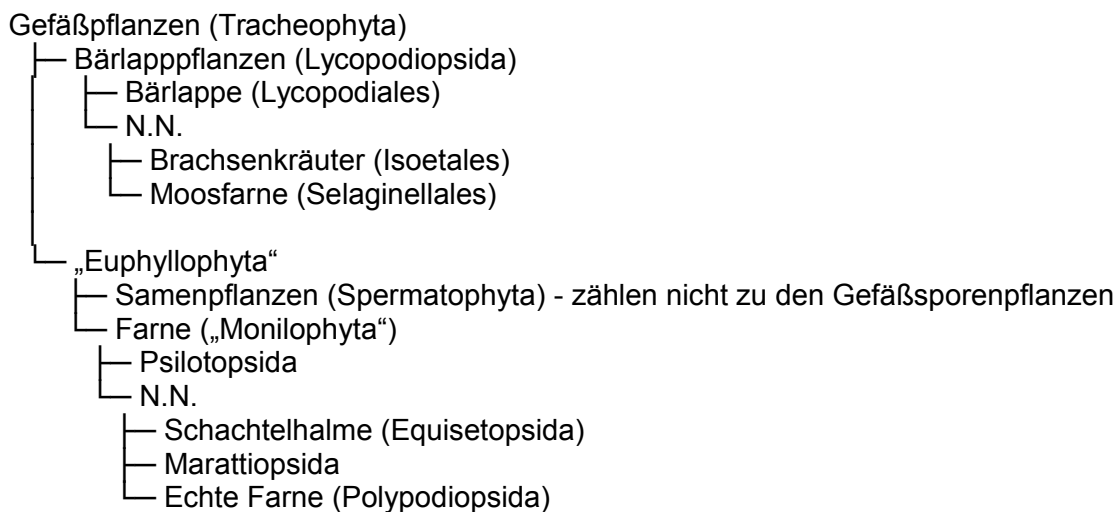
### **Aufteilung der Gefäßsporenpflanzen:**

- Urfarne (Psilophytopsida)
- Bärlapppflanzen (Lycopodiopsida)
- Psilotopsida
- Schachtelhalme
- Marattiopsida
- Echte Farne (Polypodiopsida)

### **Zusatzinformationen:**

<http://de.wikipedia.org/wiki/Gefäßsporenpflanzen>

## Die genauen Verwandtschaftsbeziehungen der Gefäßsporenpflanzen



## Die Farne

Die Farne gehören zu den Gefäßsporenpflanzen, welche die Schwestergruppe der Samenpflanzen sind. Sie sind deutlich entwickelter als die Moose und weniger entwickelt als die Samenpflanzen. Vermutlich sind sie also zeitlich dazwischen entstanden (vor ca. 400 Millionen Jahren) .

Die Schwestergruppen der Farne sind u.a. die Bärlapppflanzen und die Schachtelhalme.

Man kennt ca. 12000 Arten, von denen in Europa ca. 200 Arten vorkommen. Alle Arten sind gut an das Landleben angepasst. Sie kommen mit Trockenheit etwas besser zurecht als die Moose.

Im Erdzeitalter Karbon (vor etwa 400 Millionen Jahren) gab es sehr große Farnwälder. Sie bildeten die sogenannten Baumfarne und dadurch zusammen mit den Schachtelhalmen die Farnwälder. Deren abgestorbenen Pflanzen bildeten durch Fäulnisprozesse in Jahrtausenden die heutige Steinkohle.

Die Farne zeigen wie alle Gefäßsporenpflanzen einen auffälligen Generationswechsel, welcher bei den Samenpflanzen kaum erkennbar ist.



Heranwachsende Farne zeigen kein Spitzenwachstum!

### **Zusatzinformationen:**

<http://de.wikipedia.org/wiki/Farne>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Fern>

## Der Generationswechsel bei Gefäßsporenpflanzen

Der Generationswechsel der Farne läuft prinzipiell so ab wie bei den Moosen. Allerdings gibt es auch Unterschiede.

### **Gemeinsamkeiten:**

- Es gibt eine Trennung zwischen einer geschlechtlich entstandenen und einer vegetativ (asexuell) entstandenen Generation.
- Farne produzieren ebenfalls Keimzellen (=Gameten).
- die männlichen Keimzellen sind begeißelt (Spermatozoide),
- die männlichen Keimzellen müssen ebenfalls den Weg zu den weiblichen Keimzellen finden
- dazu ist ebenfalls Wasser notwendig

### **Unterschiede:**

- Bei den Farnen ist der Sporophyt (also die Sporen produzierende Generation) die optisch auffallendere mit den deutlich größeren Pflanzen. Dadurch konnten die Farne im Karbon bis zu 30 Meter groß wachsen.  
Der Gametophyt (welcher ja die Geschlechtszellen produziert) hingegen, bleibt klein und am Boden. Er sieht sogar den Lebermoosen ähnlich.
- Der Gametophyt der Farne wird auch Prothallium genannt.
- Der Sporophyt ist eine selbständige Pflanze, die nicht auf die Versorgung durch den darunter wachsenden Gametophyten angewiesen ist.

### **Details zum Gametophyten:**

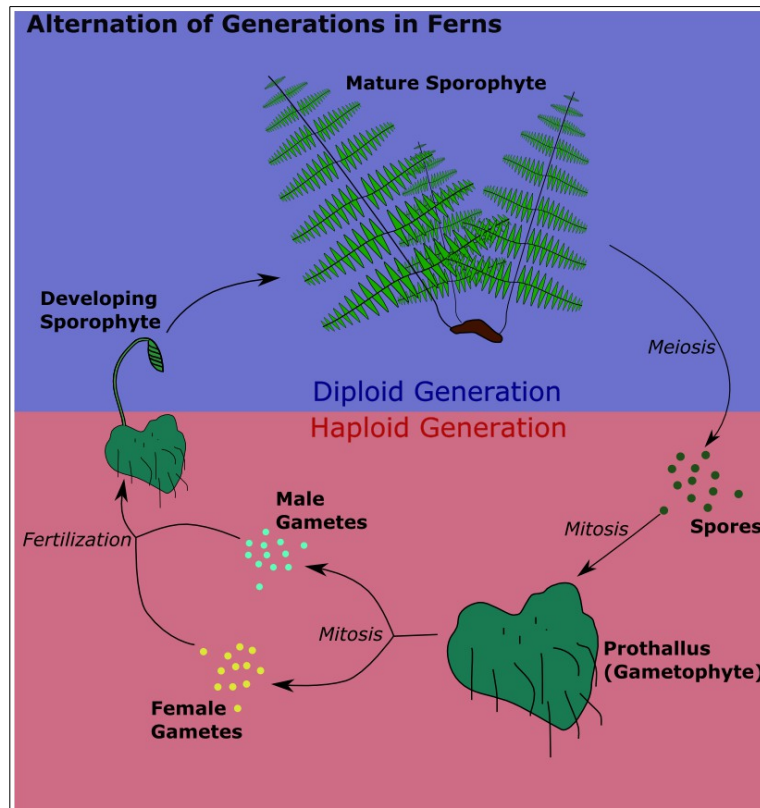
- Der Gametophyt (=Prothallus) ist haploide und stellt die sexuelle Generation dar.
- er ist meistens kurzlebig (nur wenige Wochen)
- er ist nicht größer als wenige Zentimeter groß und thallos (d.h. er ähnelt einem thallosen Lebermoos)
- am Prothallium entstehen die Geschlechtsorgane (Antheridien und Archegonien)
- die Befruchtung mithilfe von Wasser

### Details zum Sporophyten:

- Der Sporophyt muss nicht auf dem Gametophyten wachsen. Er ist eine selbständige Pflanze
- bei Bärlapppflanzen, Schachtelhalmen und echten Farnen ist der Sporophyt in Achse, Blätter und Wurzel gegliedert.
- Die Blätter haben Leitbündel
- die Zellwände sind mit Lignin verstärkt
- Die Sporangien werden meist an der Unterseite der Blättern gebildet. Bei Farnen heißen sie auch Sori.
- Die Sporangien umschließen dabei das Archospor (das sporogene Gewebe). Durch Meiose entstehen darin die haploide Meiosporen.
- Die ausgereiften Sporen chlorophyllfrei und somit eher gelb als grün
- aus den Sporen entwickeln sich die Prothallien







Quelle Bild: GNU Free Documentation License 1.2 & Creative Commons Attribution ShareAlike license versions 2.5 by Wikicommonsuser J. Finkelstein (Jeffrey Finkelstein) - thank you; [http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Alternation\\_of\\_generations\\_in\\_ferns.png](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Alternation_of_generations_in_ferns.png); [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alternation\\_of\\_generations\\_in\\_ferns.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alternation_of_generations_in_ferns.svg)

Die Vorteile des Generationswechsels, der ja im Grunde recht kompliziert ist, dass er die Vorteile der ungeschlechtlichen (Schnelle Massenvermehrung) wie der geschlechtlichen Vermehrung (Durchmischung des Erbguts) nutzen. Außerdem gelangen die Sporen durch die hochwüchsigen Sporophyten weiter von den Elternpflanzen hinweg, so dass eine schnellere Verbreitung (auch durch den Wind) möglich ist.

Andererseits wird die biologisch „unerwünschte“ Selbstbefruchtung durch die zeitliche Trennung der beiden Generationen gut verhindert.

#### Zusatzinformationen:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Generationswechsel>

[http://de.wikipedia.org/wiki/Generationswechsel#Der\\_Generationswechsel\\_bei\\_den\\_Farnen](http://de.wikipedia.org/wiki/Generationswechsel#Der_Generationswechsel_bei_den_Farnen)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Alternation\\_of\\_generations](http://en.wikipedia.org/wiki/Alternation_of_generations)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Prothallium>

**Prothallus von *Dicksonia antarctica* (Baumfarn)**



Quelle Bild: Public domain by Wikicommonsuser Velela - Thank you; [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Dixonia\\_prothallus.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Dixonia_prothallus.jpg)

### Die Schachtelhalme (Equisetopsida)

Die Schachtelhalme gehören auch zu den Gefäßsporenpflanzen. Sie mögen feuchte Böden und man findet sie oft in der Nähe oder direkt am Wasser. Der Acker-Schachtelhalm ist der in Deutschland bekannteste Vertreter dieser Gruppe. Er wird als Heilpflanze verwendet.

Im Devon vor ca. 375 Millionen Jahren traten die ersten Schachtelhalme auf. Sie sind also eine sehr alte Gruppe. Dies erklärt auch ihr einfacheres, ursprüngliches Aussehen. Heute gibt es nur noch wenige Arten, dieser einst sehr artenreichen und dominierenden Gruppe innerhalb der Gefäßsporenpflanzen (Pteridophyta).

Zu ihrer Hochzeit, im Perm und Karbon waren sie verholzt und wuchsen bis zu 30 Metern hoch. Sie hatten einen Durchmesser von bis zu einem Meter. Sie bildeten die so genannten Steinkohlenwälder aus denen die heutige Steinkohle entstanden ist.

Heutige Arten gehören alle zur Gattung Equisetum und werden maximal 2m groß (aber auch nur in den Tropen!). Sie sind mehrjährige Pflanzen, welche sich ungeschlechtlich, durch ihr im Boden wachsendes Rhizom ausbreiten.

Eine Besonderheit der Schachtelhalme ist das Vorhandensein von Silikat (als Ligninersatz) in ihrer Zellwand (bis zu 7%! ). Das gibt den Zellen die notwendige Stabilität.

Als Heilmittel werden die unfruchtbaren Sommerwedel als harntreibendes Mittel verwendet. Außerdem helfen sie gegen Rheuma, Entzündungen und Nierenleiden. Früher wurden sie auch bei Tuberkulose verwendet.



<http://de.wikipedia.org/wiki/Schachtelhalme>