

# Generationswechsel

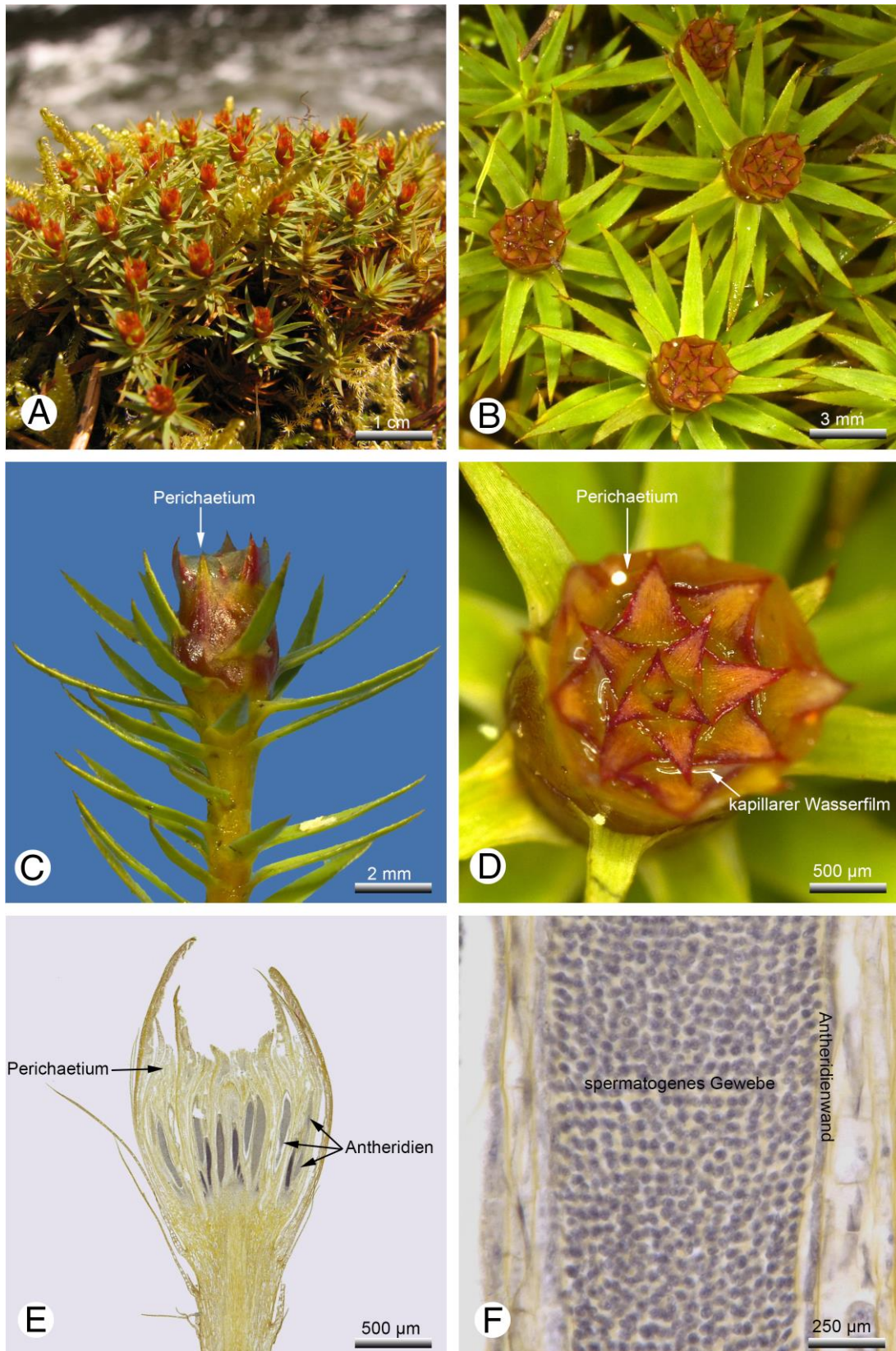
## Bryophyta (Laubmoose)

Der Generationswechsel der Laubmoose ist dem der Lebermoose relativ ähnlich. Doch stehen in dieser Gruppe die Gametangien meist an der Spitze, manchmal auch seitlich an beblätterten Stämmchen und sind in **Gametangienständen** zusammengefasst. Diese Gametangienstände sind in der Regel eingeschlechtig und nur selten zwittrig.

### 1 Die Geschlechterverteilung

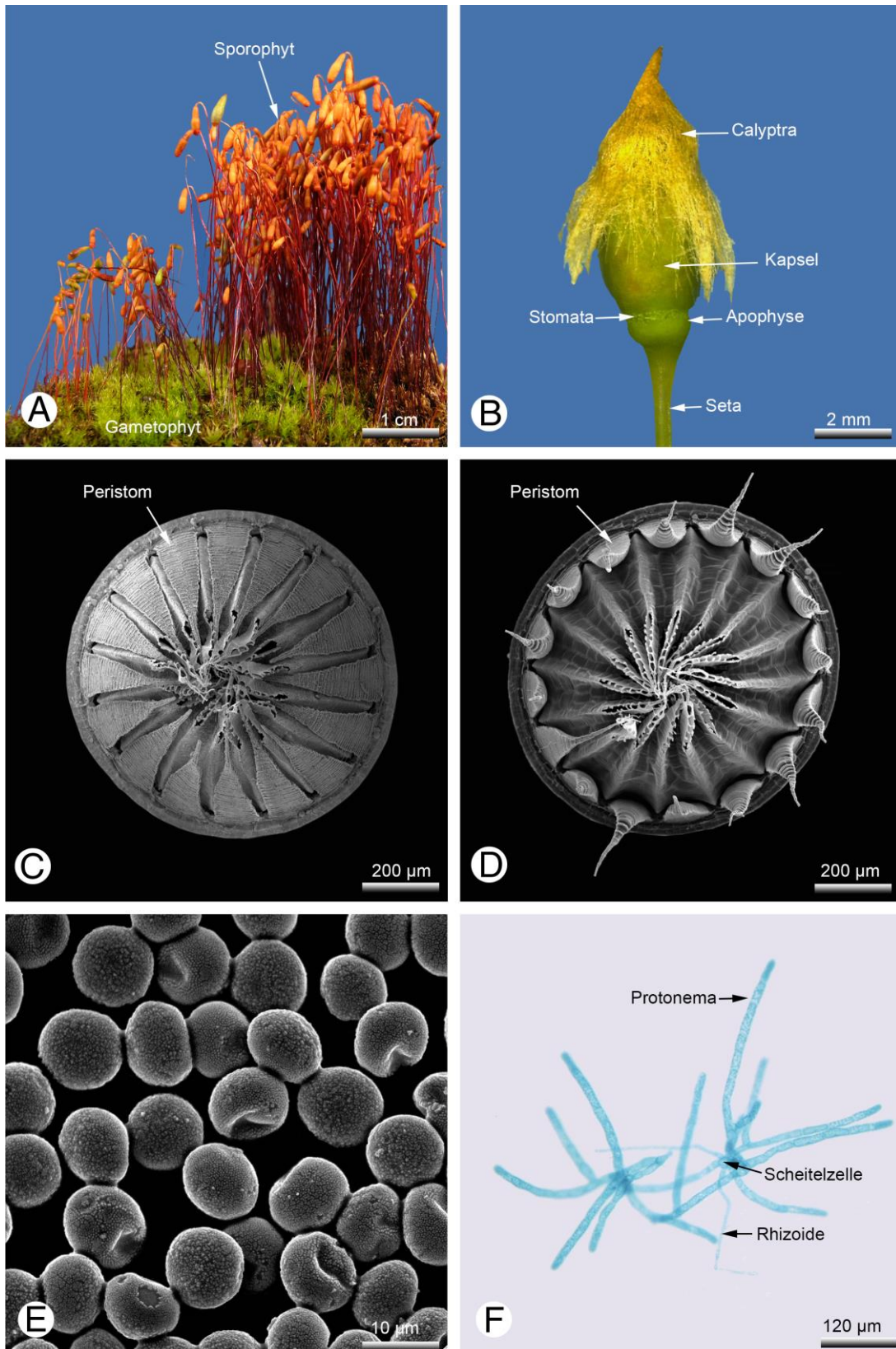
Eingeschlechtliche Gametangienstände stehen entweder an unterschiedlichen Stämmchen eines Individuums (**monözisch**) oder nach Geschlechtern getrennt auf verschiedenen Individuen (**diözisch**). Zur Optimierung der **Spritzwasser-ausbreitung** sind die männlichen Gametangienstände häufig von einer sterilen Hülle aus zahlreichen kleinen Blättchen umgeben, die als **Perichaetium** bezeichnet wird. Das Perichaetium ist offen und krug- oder becherförmig gestaltet. Diese Form begünstigt die Spritzwasserausbreitung der **Spermatozoiden**. Dadurch, dass die Blättchen des Perichaetiums sich eng aneinander liegend, ist hier ein permanenter, kapillarer Wasserfilm ausgebildet, in den die Spermatozoiden später entlassen werden.

Ein Nachteil der Spritzwasserausbreitung ist die noch immer vorhandene Abhängigkeit von freiem äußerem Wasser. Bei zu geringem Niederschlag können die Spermatozoiden nicht zum Archegonium (weibliches Gametangium, das die Eizelle ausbildet) schwimmen. Um dieses Problem zu minimieren, stehen bei einigen **pleurokarpn Moosen** die Archegonien an den Pflanzen nicht mehr terminal, sondern an kurzen, mehr oder weniger basalen Seitenstämmchen, wodurch sie näher am Erdboden zu liegen kommen. Zudem konzentrieren viele Moose ihre reproduktive Phase in die feuchten Wintermonate. Die Fernausbreitung der Sporen erfolgt dann im darauffolgenden Sommer durch den Wind.

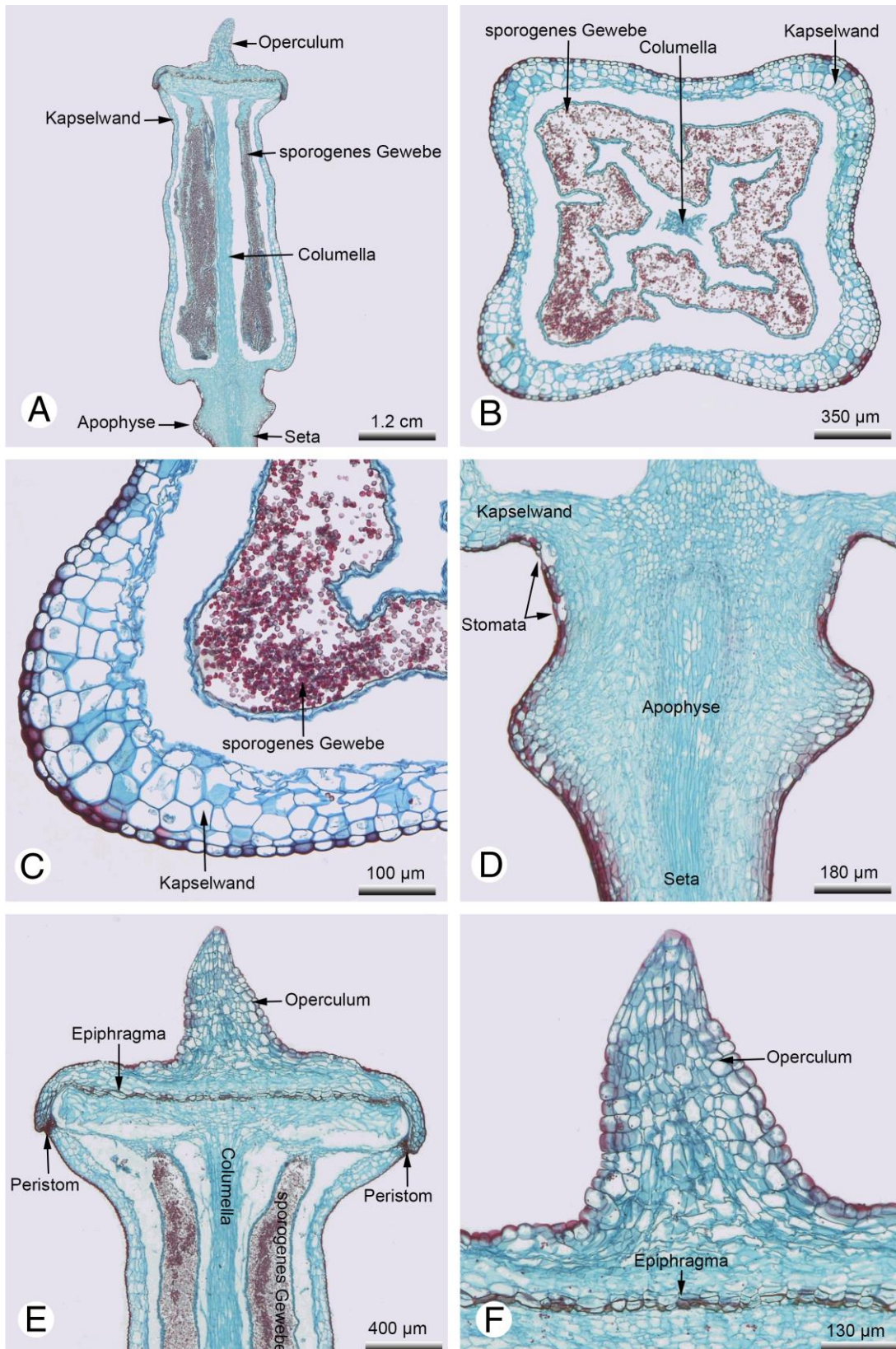


**Fig. 1:** Die "Blüte" der Laubmoose; **A-D:** *Pogonatum urnigerum* (Urnenmoos); **A:** Fertiler Gametophyt; Ausbildung von zahlreichen Antheridien in distaler Region des Stämmchens; Antheridien dicht von zahlreichen, rotbraunen Blättern umgeben (Perichaetium); **B:** Detail von A; **C:** Seitenansicht des Perichaetiums; die Blättchen bilden eine schüsselartige Struktur um die Archegonien; **D:** Aufsicht auf ein Perichaetium; dadurch, dass die Blättchen des Perichaetiums sich eng anliegen, ist hier ein permanenter kapillarer Wasserfilm ausgebildet; **E & F:** *Polytrichum formosum* (Schönes Widertonmoos); **E:** Längsschnitt durch ein Perichaetium; zahlreiche Antheridien sind zwischen den Blättchen ausgebildet; **F:** Detail von E; Antheridium mit einer zellulären, einschichtigen Wand, die das spermatogenes Gewebe im Inneren umschließt.





**Fig. 2:** Der Moossporophyt; **A:** *Mnium hornum* (Schwanenhals-Sternmoos); Gametophyten mit Sporophyten; die Sporophyten (braun) wachsen auf den Gametophyten (grün) und werden auch von diesen ernährt; nach der Sporentlassung trocknen die Sporophyten ein; **B:** *Polytrichum formosum* (Schönes Widertonmoos); unterhalb der Mooskapsel befindet sich ein angeschwollener Bereich (Apophyse); Kapsel mit Calyptra (Reste der ehemaligen Archegonienwand); **C & D:** *Mnium hornum*; zum Zeitpunkt der Reife wird der Kapseldeckel abgesprengt; Kapselöffnung erfolgt über einen Zahnkranz (Peristom); dieser kann sich aufgrund von Schrumpfungs- und Quellungsprozessen mehrfach öffnen und schließen; Sporentlassung nur bei trockenerer Witterung; **C:** Geschlossenes Peristom; **D:** Geöffnetes Peristom; **E:** *Brachytecium rutabulum* (Krücken-Kegelmoos); Isosporie; alle Sporen gleichgestaltet (rasterelektronenmikroskopisches Bild); **F:** *Polytrichum formosum* (Schönes Widertonmoos); junger, fädiger (filamentöser) Vorkeim (Protonema); eine Verzweigung erfolgt an großen Scheitelzellen; einige wurzelanaloge Rhizoide sind bereits ausgebildet.



**Fig. 3:** Laubmooskapsel am Beispiel von *Polytrichum formosum* (Schönes Widertonmoos); **A:** Längsschnitt durch eine geschlossene Kapsel; die Calyptra ging bei der Präparation verloren; **B:** Querschnitt durch eine Mooskapsel; die zentrale Säule (Columella) ist von sporogenem Gewebe umgeben; **C:** Detail der mehrschichtigen Sporangienwand; die äußeren Epidermiszellen sind dickwandig und klein; die inneren Zellen dünnwandig und größer; **D:** Detail der Apophyse, die unterhalb der Kapsel ausgebildet ist; dies ist die einzige Stelle, an der zahlreiche Spaltöffnungen (Stomata) in der Epidermis ausgebildet sind; **E:** Detail des Kapseldeckels (Operculum), welcher zur Reife förmlich abgesprengt wird; unterhalb des Deckelrands sind bereits die Zähne des Peristoms erkennbar; **F:** Unterhalb des Deckels ist bereits das Epiphragma (Kapselmembran) erkennbar.



## 2 Der Befruchtungsvorgang

Die Moosblättchen liegen sehr eng dem Stämmchen an und begünstigen dadurch den kapillaren Aufstieg des Wassers. So entsteht ein äußerer Wasserfilm, in dem die Spermatozoiden nach oben zu den Archegonien schwimmen können, auch wenn diese nicht unmittelbar durch einen mit Spermatozoiden beladenen Wassertropfen getroffen wurden. Daher wäre in den weiblichen Gametangienständen ein Perichaetium, wie es in den männlichen existiert, eher hinderlich.

## 3 Der Moossporophyt

Der Sporophyt wächst zunächst ausschließlich im Archegonium heran. Später sprengt er das Archegonium und hebt es als Haube (**Calyptra**) nach oben ab. Der Sporophyt wächst also auf dem Gametophyten, wird von ihm versorgt und stellt daher keinen eigenständig lebensfähigen Organismus dar. Die sporophytische Phase ist deshalb auch deutlich kurzlebiger als die gametophytische.

Der Sporophyt der Laubmoose ist im Vergleich zu den Sporophyten der Lebermoose sowohl morphologisch als auch anatomisch deutlich komplexer organisiert. Der Laubmoossporophyt besteht aus einem langen Stiel (**Seta**) und einer terminal stehenden **Kapsel (Sporogon)**. Die Basis der Kapsel wird **Apophyse** genannt. Die Öffnung der Kapsel erfolgt über einen speziellen Zahnkranz, das **Peristom**. Diese öffnet sich im trockenen und schließt sich im feuchten Zustand. Dies begünstigt das Austreten der Sporen bei trockener Witterung über einen längeren Zeitraum hinweg.

Demzufolge ist der Sporophyt der Laubmoose langlebiger und daher leichter und häufiger zu finden als bei den Lebermoosen. Jedoch kann auch der Sporophyt der Laubmoose nur einmalig Sporen bilden (sporolieren). In der Evolution der Landpflanzen gewinnt nachfolgend der diploide Sporophyt fortlaufend an Dominanz, sodass er bereits ab den Pteridophyten (Farne und Farnverwandte) die ausdauernde Generation darstellt, die über viele Jahre hinweg immer wieder sporolieren kann, wie dies auch bei allen Spermatophyten (Samenpflanzen) der Fall ist.

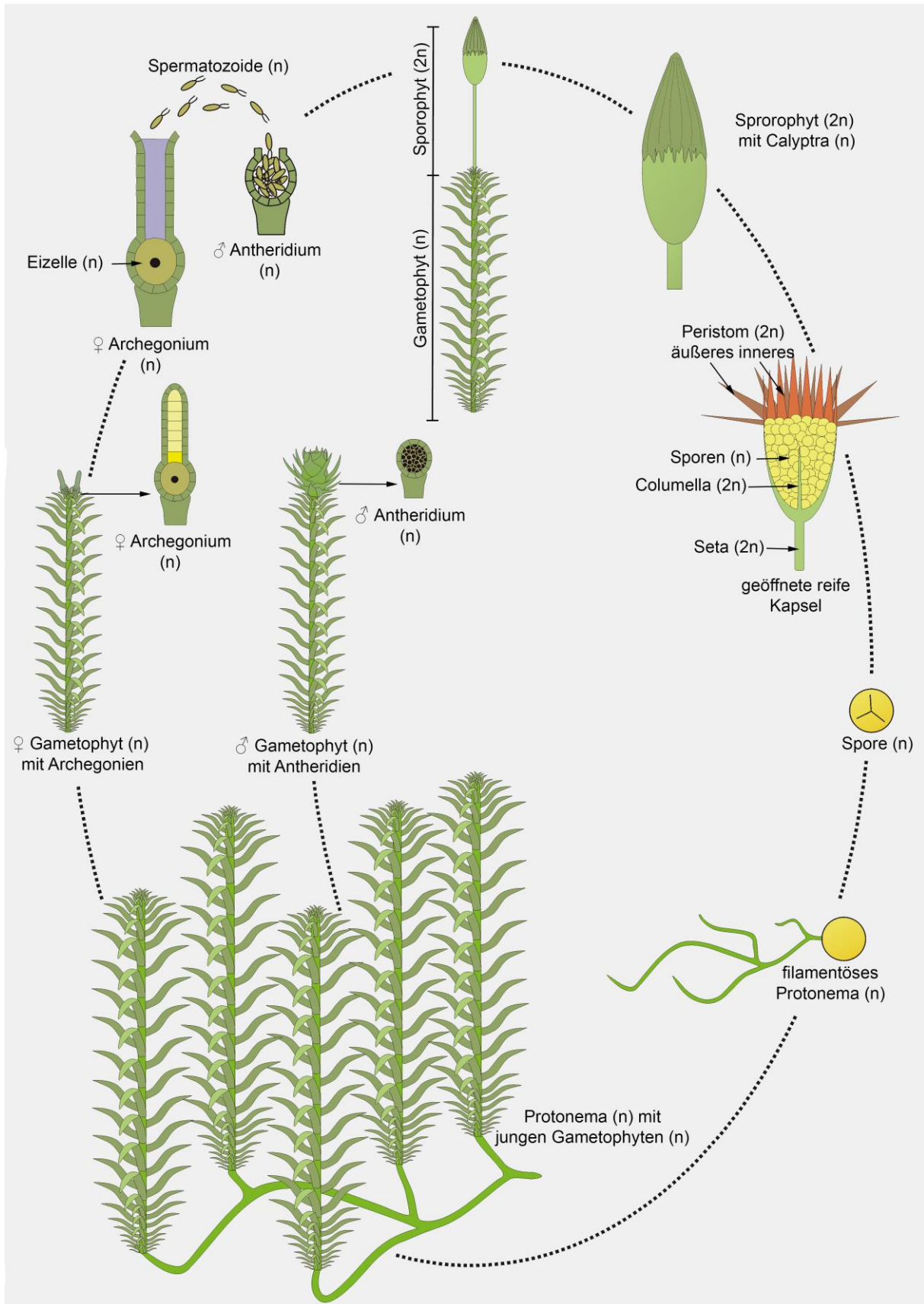


Abb. 4: Übersicht über den Generationswechsel eines Laubmooses.

## 4 Sporen und junge Gametophyten

Bei den Moosen sind die Sporen alle gleichgestaltet (**isospor**), wenngleich sie in dieser Gruppe oftmals geschlechtlich determiniert sind. Wie dies genau stattfindet, ist noch nicht abschließend geklärt. Aus der keimenden Spore entwickelt sich das **haploide Protonema (Vorkeim)**, ein fädiges Gebilde, an dem die typische Moospflanze entsteht.

## 5 Weiterführende Literatur

- AICHELE D. & SCHWEGLER H.W. (1999).** Unsere Moos- und Farnpflanzen. – Kosmos, Stuttgart.
- DÖRKEN V.M., EDWARDS D., LADD P.G. & PARSONS R.F. (2021).** The four dimensions of terrestrial plants: reproduction, structure, evolution and ecology – Verlag Kessel, Remagen-Oberwinter.
- DÜLL R. & DÜLL-WUNDER B. (2023).** Die Moose Mitteleuropas: Bestimmung und Beschreibung der wichtigsten Arten, 3. Aufl. – Quelle und Meyer, Wiesbaden.
- FRAHM J.P. & FREY W. (1992).** Moosflora, 3. Aufl. – Quelle und Meyer, Wiesbaden.
- FREY W. & STECH M. (2009).** Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta. – In: FREY W. (ed.): Syllabus of plant families, ADOLF ENGLERS´s Syllabus der Pflanzenfamilien, 13<sup>th</sup> ed. – Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- HESS D. (2004).** Allgemeine Botanik. – Ulmer, Stuttgart.
- HESS D. (2019).** Die Blüte – eine Einführung in Struktur und Funktion, Ökologie und Evolution der Blüten. – Ulmer, Stuttgart.
- KADEREIT J.W, KÖRNER C., NICK P. & SONNEWALD U. (2021):** Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften, 38. Aufl. – Springer, Berlin.
- PROBST W. (1986).** Biologie der Moos- und Farnpflanzen. – Quelle und Meyer, Wiesbaden.