

EVOLUTION DER PFLANZEN



EVOLUTION DER PFLANZEN

Die Entwicklung der Landpflanzen ist einer der wichtigsten evolutionären Durchbrüche der Erdgeschichte. Landpflanzen veränderten nachhaltig das Klima und die Atmosphäre unseres Planeten, wodurch auch anderen Lebewesen ein Leben an Land ermöglicht wurde.

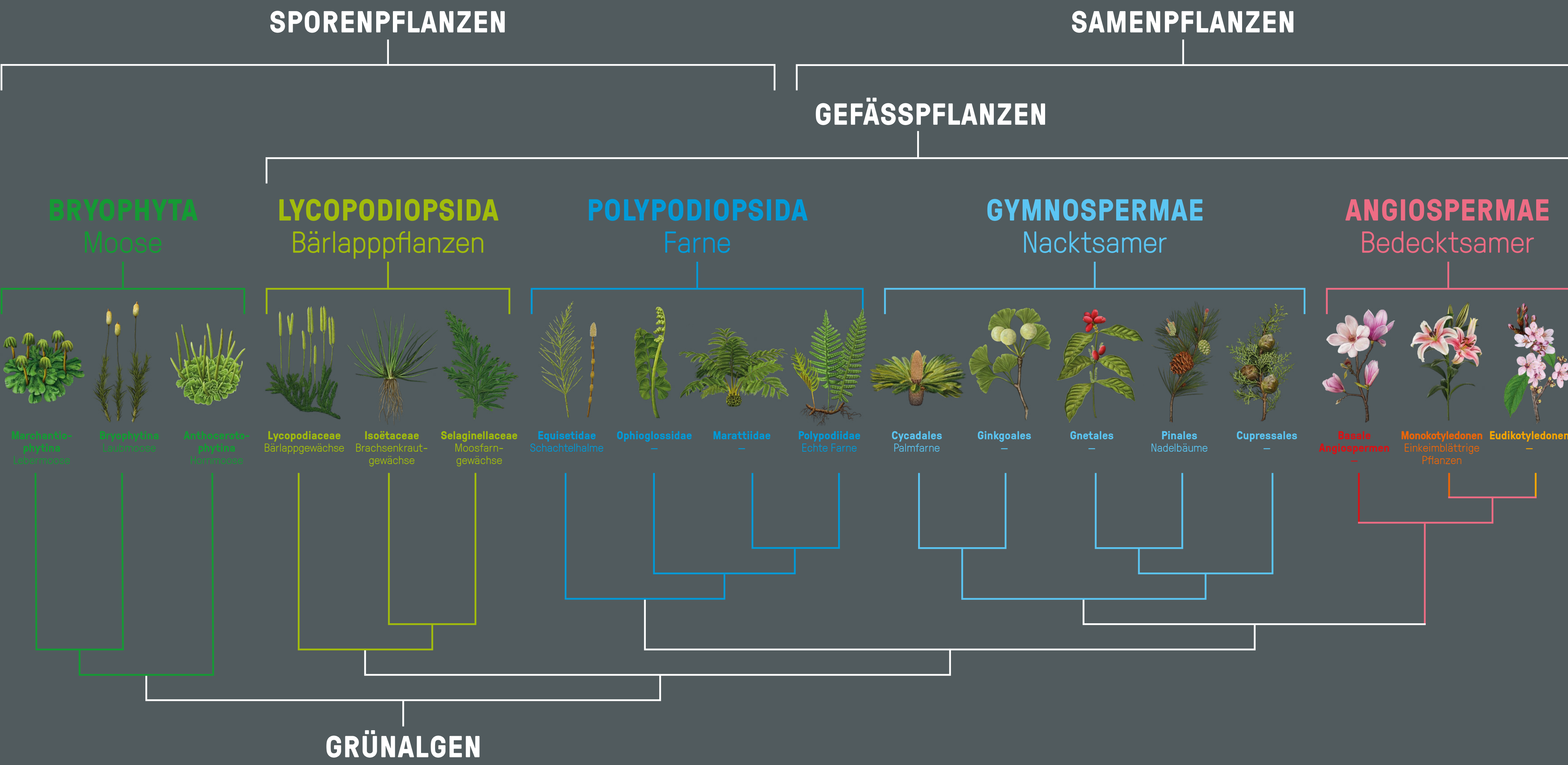
Die Evolution der Pflanzen beginnt im Wasser mit der Gruppe der Algen. «Algen» ist ein Sammelbegriff, der verschiedene, nicht näher verwandte Organismen umfasst, wie die Rotalgen oder Braunalgen. Bei «Blaualgen» handelt es sich um Bakterien, sogenannte Cyanobakterien. Unsere Landpflanzen stammen von den Grünalgen ab und aus ihnen sind später die Moose, Farn- und Samenpflanzen hervorgegangen.

STAMMBÄUME – FAMILIENGESCHICHTE DER PFLANZEN

Um die evolutionären Zusammenhänge von Organismen besser verstehen zu können, nutzen Biolog*innen meist Stammbäume (Phylogenien). Ähnlich wie bei Familienstammbäumen, lassen sich an Phylogenien die verwandtschaftlichen Verhältnisse von Organismen ablesen und auf einen Blick erkennen, wer von wem abstammt, bzw. welche Gruppen sich bereits sehr früh entwickelt haben und welche moderneren Gruppen später daraus

Der Schritt vom Wasser ans Land erforderte entscheidende Anpassungen von den Pflanzen. Die ersten Landpflanzen sind noch sehr stark ans Wasser gebunden. Im Laufe der Evolution wurden Pflanzen immer unabhängiger vom Wasser und konnten auch trockenere Standorte besiedeln. Andere sind sekundär wieder ins Wasser zurückgegangen.

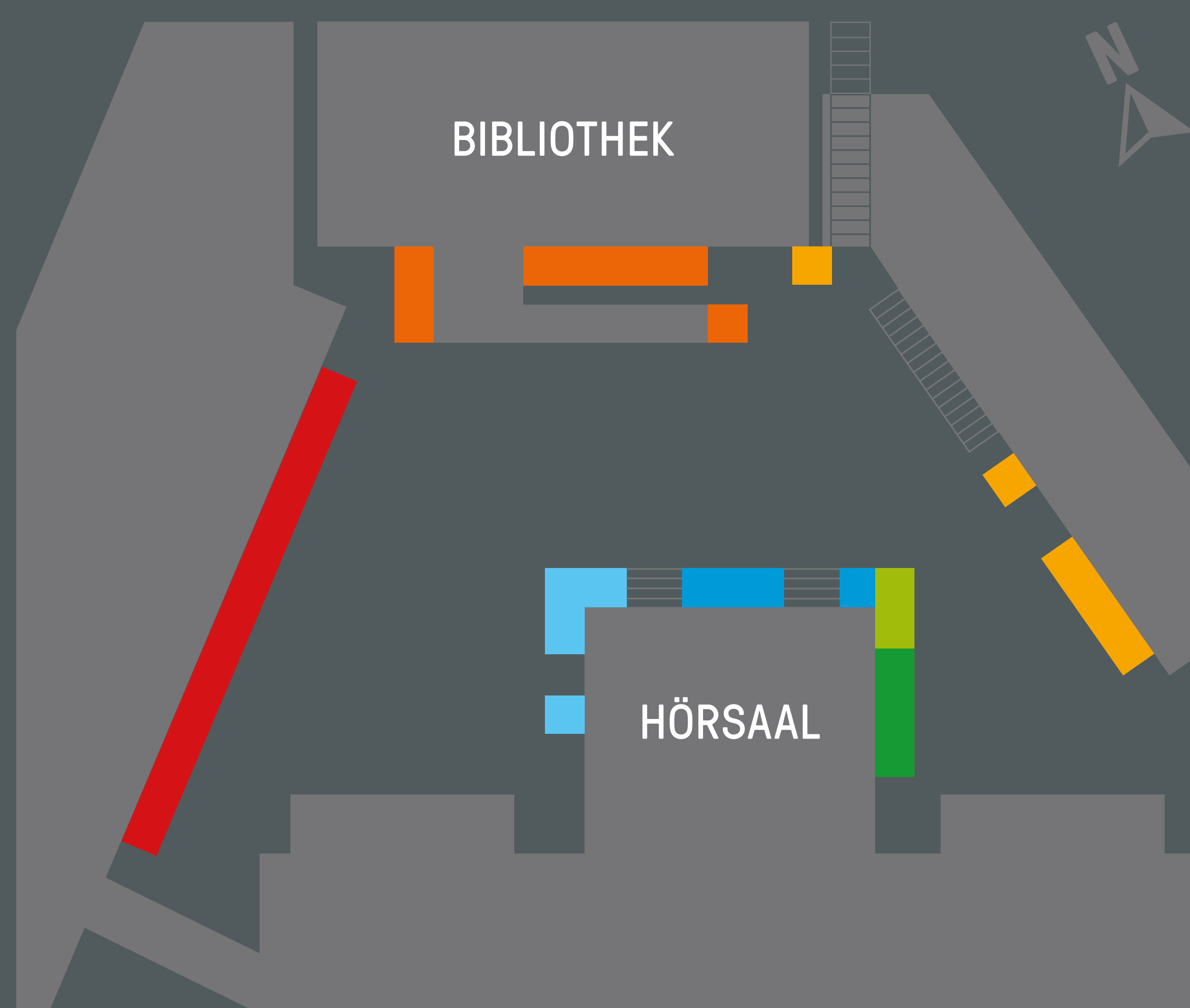
Einige der urtümlichen Pflanzengruppen sind inzwischen ausgestorben und nur noch als Fossilien erhalten. Es gibt aber auch «lebende Fossilien», also Pflanzen, die sich seit Jahrmillionen kaum verändert haben. Andere Pflanzen wiederum haben sich mit der Zeit immer weiterentwickelt und konnten sich so an bestimmte Lebensräume oder Bestäuber anpassen.



EVOLUTIONSGARTEN

Im Evolutionsgarten des BOGA haben Sie die Gelegenheit, die Evolution der Landpflanzen in wenigen Schritten selbst zu erleben.

Am besten beginnen Sie mit den ersten Landpflanzen, den Moosen, östlich vom Hörsaal. Von dort aus können Sie bei einem Rundgang durch den Innenhof die einzelnen Entwicklungsschritte zu den Bärlapppflanzen, Farnen und Samenpflanzen mitverfolgen. Der Zeitstrahl an der Bibliothek bietet einen Überblick über die zeitliche Abfolge der verschiedenen Entwicklungsprozesse.



BRYOPHYTA / MOOSE

LYCOPODIOPSIDA / BÄRLAPPPFLANZEN

POLYPODIOPSIDA / FARNE

GYMNOSPERMAE / NACKTSAMER

ANGIOSPERMAE / BEDECKTSAMER

BASALE ANGIOSPERMEN

**MONOKOTYLEDONEN /
EINKEIMBLÄTTRIGE PFLANZEN**

EUDIKOTYLEDONEN

IMPRESSUM



u^b

**UNIVERSITÄT
BERN**

Wir danken unseren
grosszügigen Unterstützern:



**Burgergemeinde
Bern**



Paul Schiller Stiftung

**Stiftung für den
Botanischen Garten Bern**



Styner-Stiftung

Die verwendete Systematik basiert auf folgenden Quellen:

Moose: Cole et al. (2021): Bryophyte Phylogeny Poster- Systematics and Characteristics of Nonvascular Land Plants. Bärlapppflanzen und Farne: PPG I (2016): A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. Gymnospermen: Cole et al. (2019): Tracheophyte phylogeny poster – Vascular plants: systematics and characteristics. Angiospermen: APG IV (2016): An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. Angaben zu Artenzahlen beziehen sich auf die online Datenbank «Plants of the World Online» (plantsoftheworldonline.org). Informationen zur Entstehungszeit der verschiedenen Organsimengruppen basieren vor allem auf Willis & McElwain (2014): The evolution of plants.

BRYOPHYTA / MOOSE

Der Gang an Land

Moose haben vor ca. 470 Millionen Jahren als erste Pflanzen das Land besiedelt. Dieser Schritt aus dem Wasser ans Land erforderte entscheidende Anpassungen wie eine Wachsschicht (Cuticula) auf der Oberfläche als Austrocknungsschutz und Organe zur Wasseraufnahme.

Da Moose meist keine echten Leitbündel haben durch die sie Wasser und Nährstoffe in ihrem Inneren transportieren können, sind sie recht kleinwüchsig. Oft weisen Moose bereits blatt- und wurzelähnliche Strukturen auf, allerdings entspricht deren Aufbau noch nicht dem von echten Blättern und Wurzeln. Moose gehören genau wie Bärlapppflanzen und Farne zu den Sporenpflanzen. Aus den Sporen wächst eine Zwischen-generation mit männlichen und weiblichen Geschlechtszellen heran. Damit diese zueinander finden und es zur Befruchtung kommt, sind sie auf Wasser angewiesen, weshalb Sporenpflanzen meist an feuchten Standorten vorkommen. Es lassen sich drei Abteilungen von Moosen unterteilen, die fast weltweit verbreitet sind, wobei die feuchten Tropen die meisten Arten aufweisen:

MARCHANTIOPHYTINA / Lebermoose

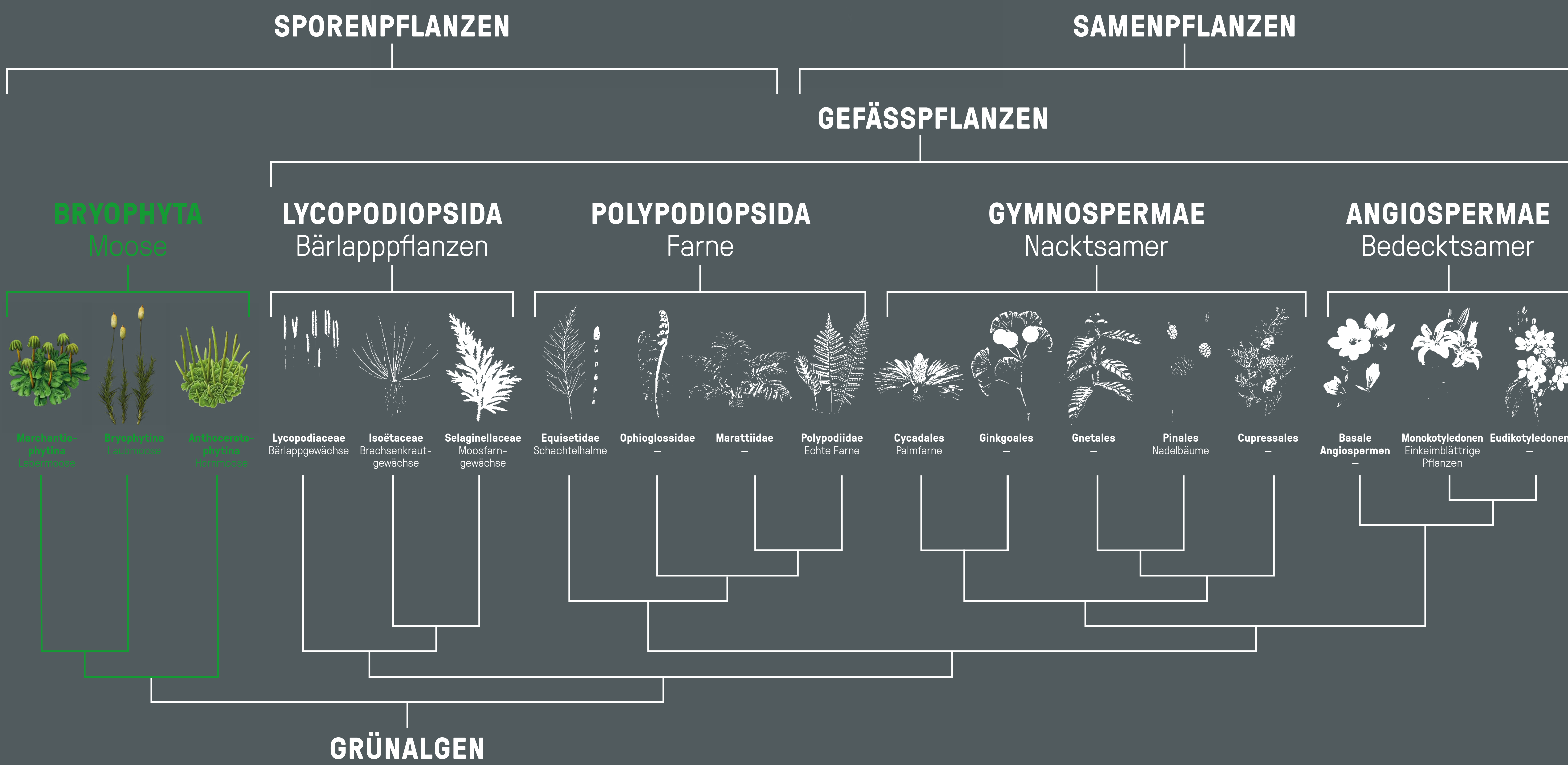
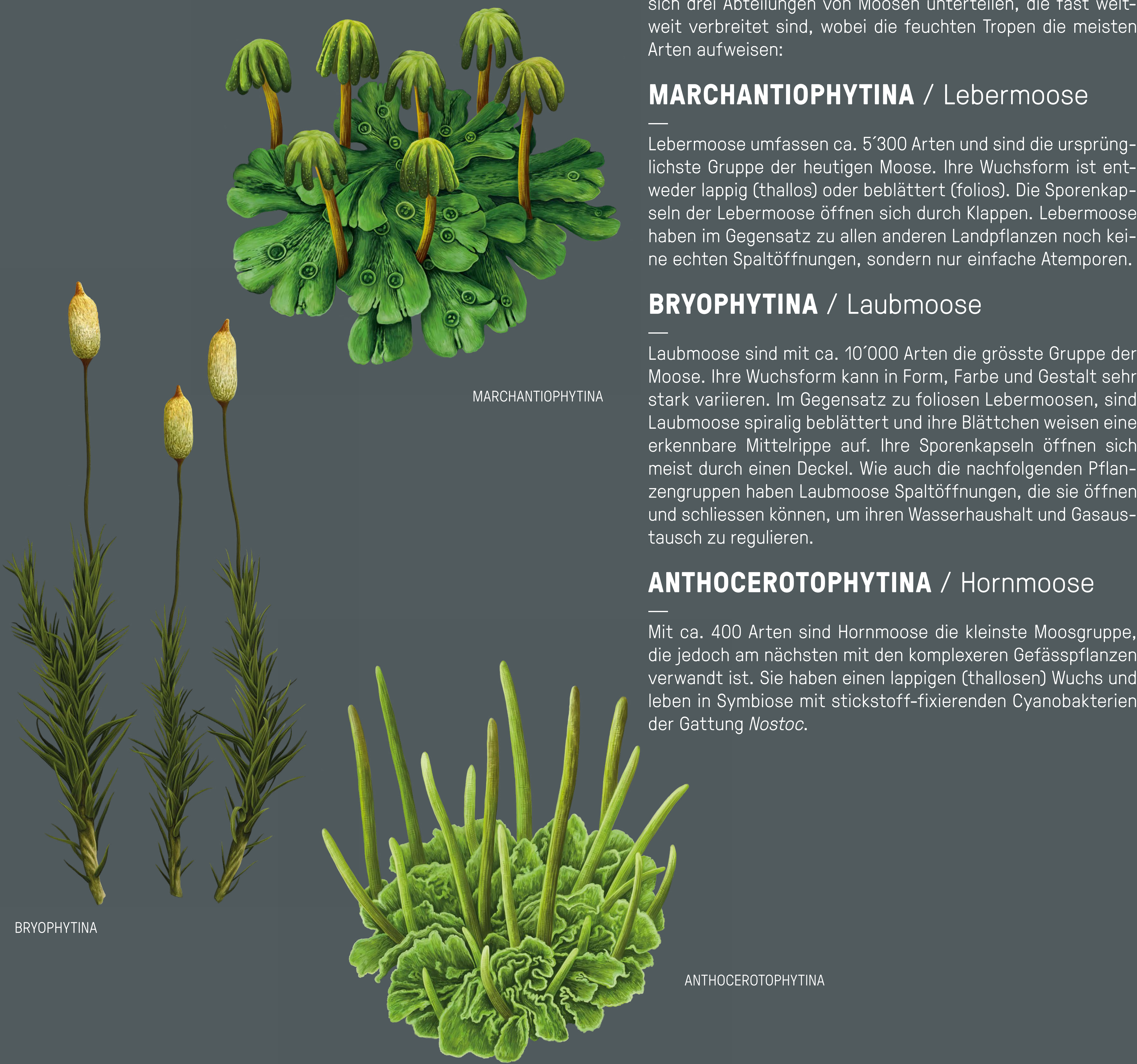
Lebermoose umfassen ca. 5'300 Arten und sind die ursprünglichste Gruppe der heutigen Moose. Ihre Wuchsform ist entweder lappig (thallos) oder beblättert (folios). Die Sporenkapseln der Lebermoose öffnen sich durch Klappen. Lebermoose haben im Gegensatz zu allen anderen Landpflanzen noch keine echten Spaltöffnungen, sondern nur einfache Atemporen.

BRYOPHYTINA / Laubmoose

Laubmoose sind mit ca. 10'000 Arten die grösste Gruppe der Moose. Ihre Wuchsform kann in Form, Farbe und Gestalt sehr stark variieren. Im Gegensatz zu foliosen Lebermoosen, sind Laubmoose spiralgig beblättert und ihre Blättchen weisen eine erkennbare Mittelrippe auf. Ihre Sporenkapseln öffnen sich meist durch einen Deckel. Wie auch die nachfolgenden Pflanzengruppen haben Laubmoose Spaltöffnungen, die sie öffnen und schliessen können, um ihren Wasserhaushalt und Gasaustausch zu regulieren.

ANTHOCEROTOPHYTINA / Hornmoose

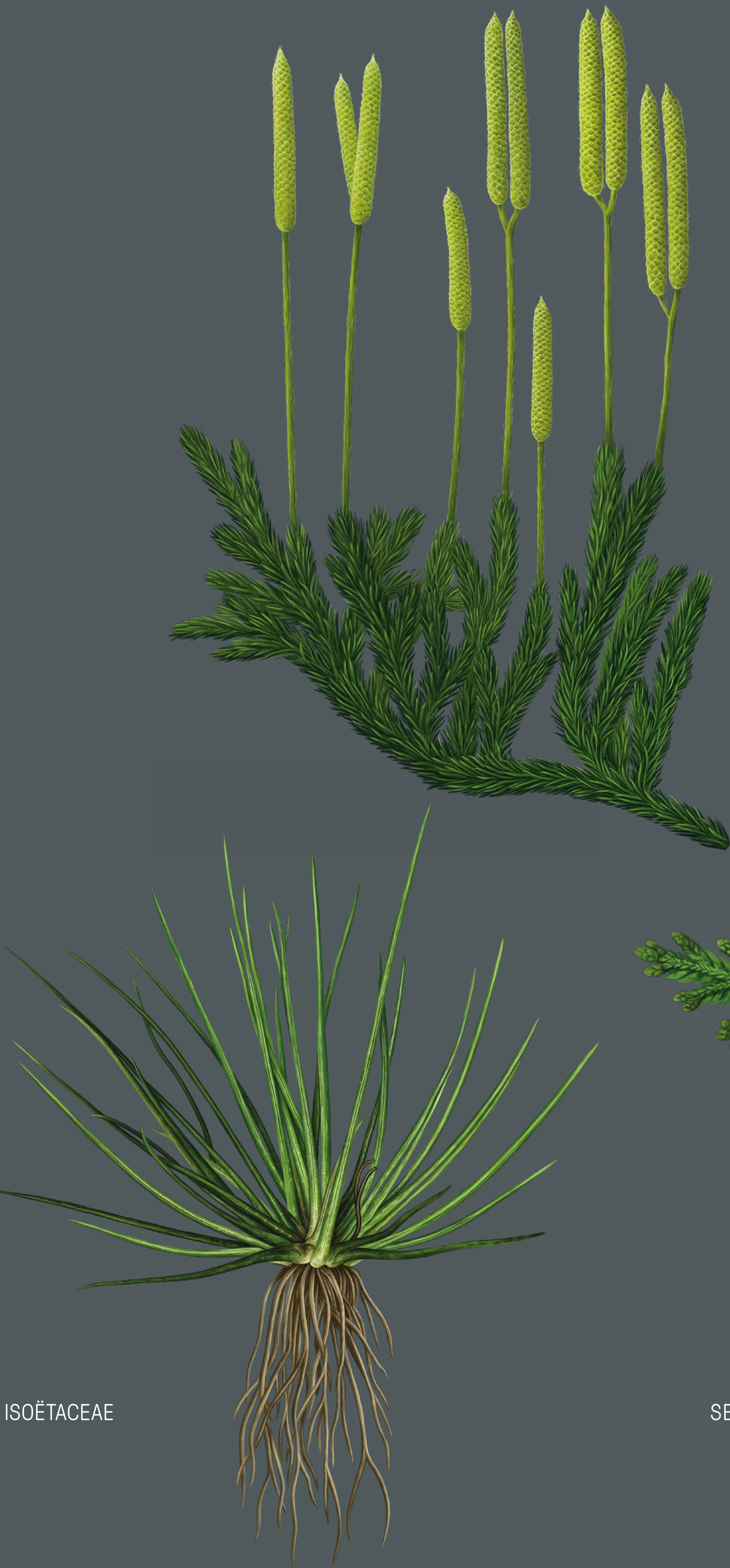
Mit ca. 400 Arten sind Hornmoose die kleinste Moosgruppe, die jedoch am nächsten mit den komplexeren Gefässpflanzen verwandt ist. Sie haben einen lappigen (thallosen) Wuchs und leben in Symbiose mit stickstoff-fixierenden Cyanobakterien der Gattung *Nostoc*.



LYCOPODIOPSIDA / BÄRLAPPPFLANZEN

Aufstieg in luftige Höhen

Die Bärlapppflanzen sind fossil seit rund 420 Millionen Jahren nachgewiesen. Im Zeitalter des Karbons (vor 360 – 300 Mio. Jahren) gab es baumförmige Bärlapppflanzen, deren Wälder die Nordhalbkugel dominierten. Bärlappbäume sind heute ausgestorben, aber ihre krautigen Vertreter gibt es weiterhin.



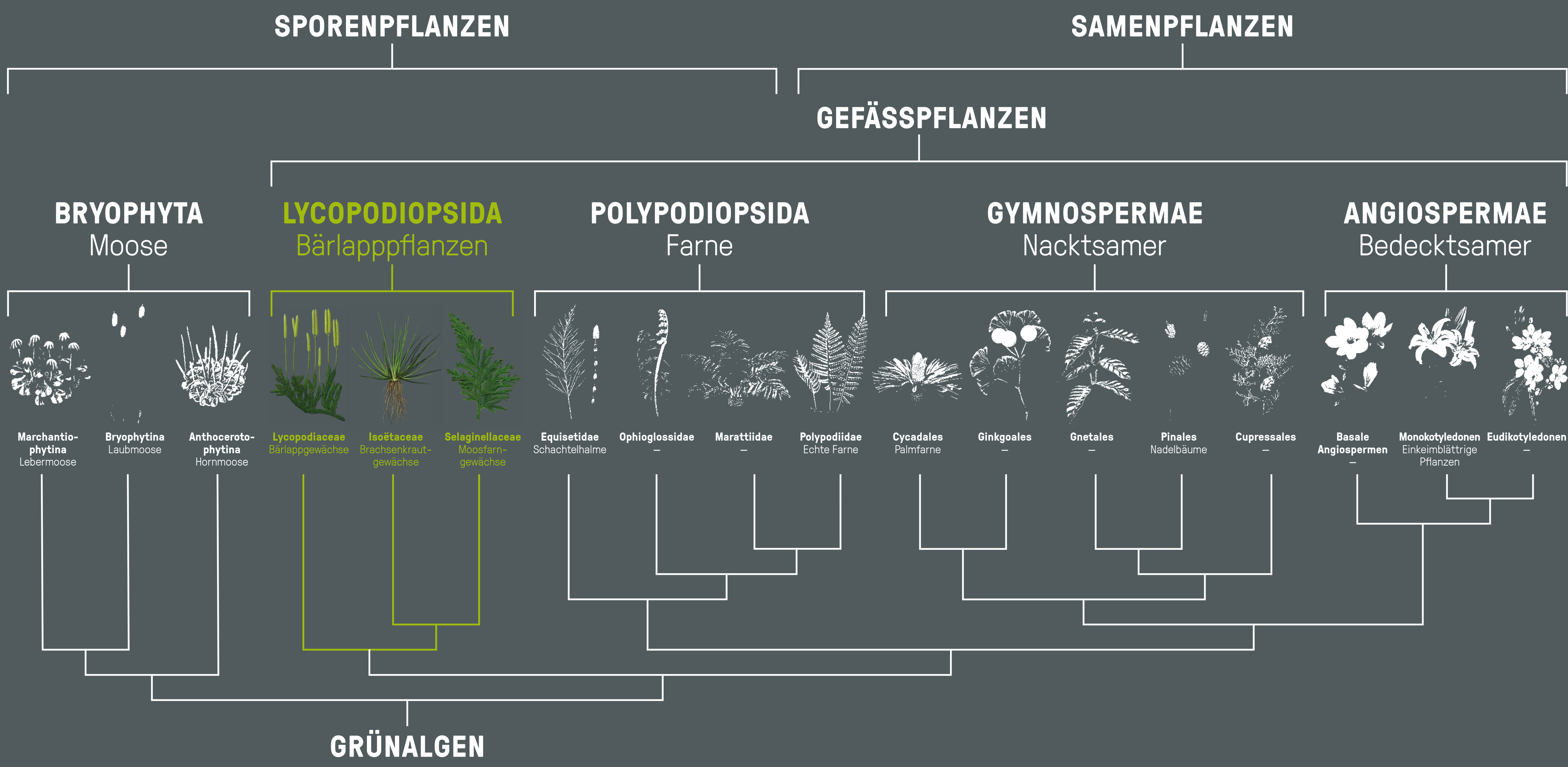
LYCOPODIACEAE



ISOËTACEAE



SELAGINELLACEAE



POLYPODIOPSIDA / FARNE

Die Formenreichen

Die ältesten Nachweise von Farnen sind etwa 370 Millionen Jahre alt. Gemeinsam mit baumförmigen Bärlapppflanzen dominierten baumförmige Farne (Baumfarne und Schachtelhalmbäume) die Wälder im Karbon und erreichten ihre grösste Artenvielfalt im Karbon und Perm (vor 360 – 250 Mio. Jahren). Die Überreste dieser baumförmigen Vertreter bilden heute einen Hauptbestandteil unserer Steinkohlevorkommen.



Schachtelhalmbäume sind nur noch fossil erhalten, aber Baumfarne gibt es auch heute noch. Neben baumförmigen Vertretern weisen Farne insgesamt eine enorme Formenvielfalt auf. Sie wachsen sowohl aquatisch als auch terrestrisch, es gibt kletternde und auf Bäumen wachsende (epiphytische) Arten und Schwimmfarne, die auf der Wasseroberfläche treiben. Traditionell werden Farne oft gemeinsam mit den Bärlapppflanzen als Farnpflanzen bezeichnet, obwohl sie eigentlich näher mit den Samenpflanzen verwandt sind. Was sie jedoch mit Bärlapppflanzen und auch Moosen gemeinsam haben, ist, dass sie zur Fortpflanzung auf Wasser angewiesen sind, weshalb sie feuchte Standorte bevorzugen. Heute werden vier rezente, also noch existierende Unterklassen der Farne unterschieden:

EQUISETIDAE / Schachtelhalme

Schachtelhalmbäume konnten eine Wuchshöhe von 30 Meter und einen Stammdurchmesser von einem Meter erreichen. Diese baumförmigen Vertreter sind inzwischen ausgestorben. Heute sind noch 18 krautige Schachtelhalm-Arten erhalten, die – mit einem Schwerpunkt auf die nicht-tropische Nordhalbkugel – fast weltweit verbreitet sind.

OPHIOGLOSSIDAE

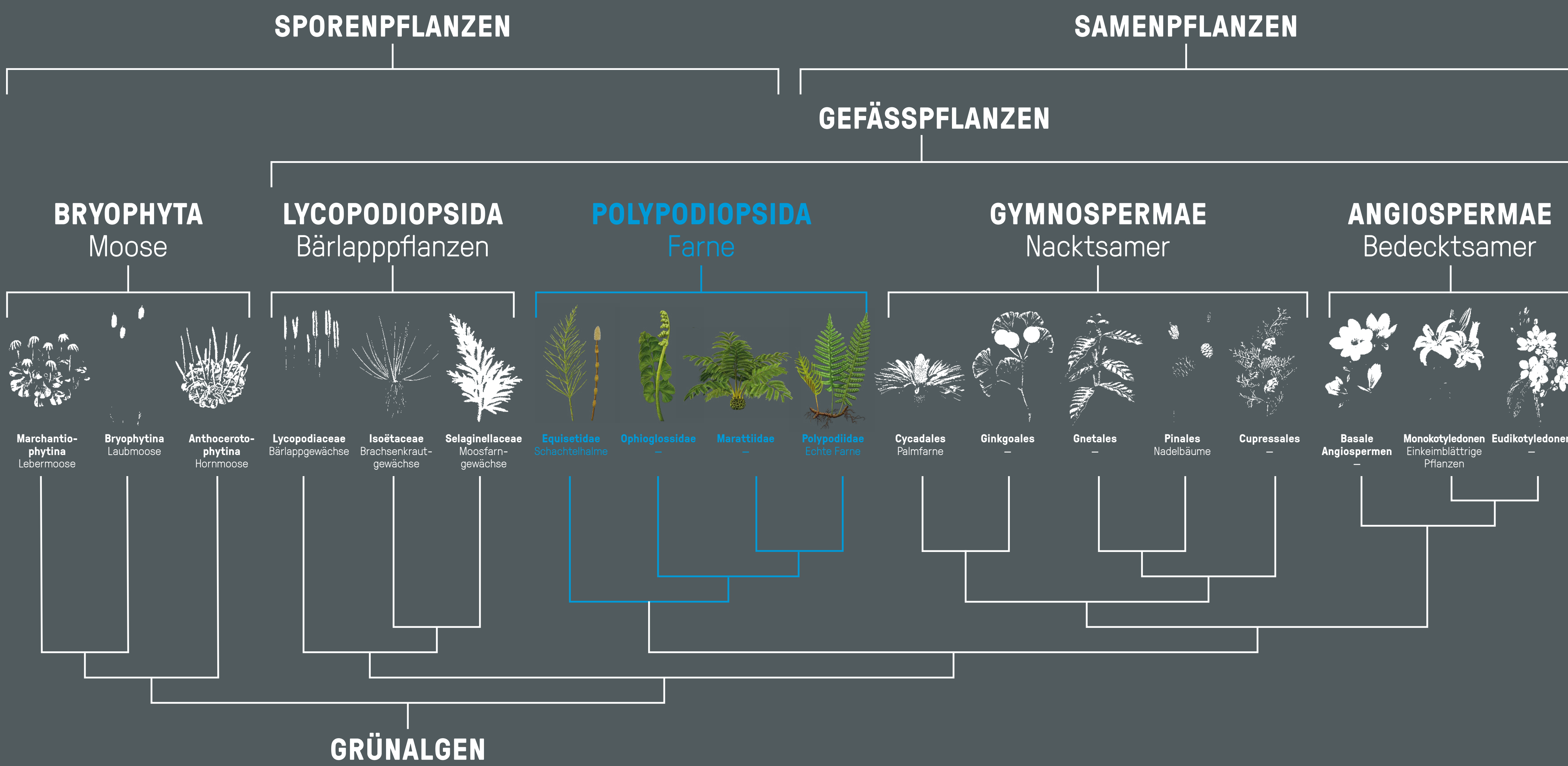
Ophioglossidae sind mit 130 Arten weltweit verbreitet, wobei sich zwei Ordnungen unterscheiden lassen: die Ophioglossales (Natternzungenartige, 112 Arten) und die tropischen Psilotales (Gabelblattartige, 18 Arten).

MARATTIIDAE

Alle 127 Arten der Marattiidae gehören zur einzigen rezenten Familie der Marattiaceae. Diese ist ausschließlich in tropischen Wäldern verbreitet, wobei die meisten Arten aus Südostasien stammen.

POLYPODIIDAE / Echte Farne

Die Echten Farne sind mit über 10'000 Arten die grösste Gruppe der Farnpflanzen und weltweit verbreitet, wobei die meisten Arten in den Tropen vorkommen. Es gibt sehr kleine Arten, die nur wenige Millimeter messen, bis hin zu metergrossen Baumfarnen.



GYMNOSPERMAE / NACKTSAMER

Erste Samenpflanzen

Fossil sind Nacktsamer bereits seit ca. 320 Millionen Jahren nachgewiesen und sie erreichten ihre höchste Artenvielfalt im Jura und Kreide (vor 200 – 66 Mio. Jahren). Im Gegensatz zu den vorherigen Gruppen verbreiten sie sich nicht über Sporen, sondern durch Samen. Die Befruchtung ist bei Samenpflanzen nicht mehr vom Wasser abhängig.

Nacktsamer bilden gemeinsam mit den Bedecktsamern (Angiospermae) die Gruppe der Samenpflanzen (Spermatophytina). Samen unterscheiden sich von Sporen dadurch, dass sie bereits einen Embryo mit genetischen Informationen beider Elternteile enthalten. Der Embryo ist in der Regel von einem Nährgewebe umgeben und durch eine feste Samenschale geschützt. Der Name Nacktsamer bezieht sich darauf, dass ihr Same nicht von Fruchtblättern umschlossen ist. Nacktsamer sind fast weltweit verbreitet, wobei sie die höchste Individuendichte in der borealen Nordhemisphäre aufweisen, die höchsten Artenzahlen erreichen sie hingegen in Asien. Heute sind noch 1107 Gymnospermen-Arten bekannt, die sich auf fünf Ordnungen aufteilen:

CYCADALES / Palmfarne

Palmfarne sind weder Palmen noch Farne, sondern Nacktsamer. Heute sind noch 352 Arten erhalten, vor allem in den Tropen. Genau wie bei den nachfolgend vorgestellten Ginkgoales und Gnetales, sind alle Arten zweihäusig (diözisch), das heisst es gibt rein männliche und rein weibliche Pflanzen.

GINKGOALES

Fossil sind zahlreiche Familien, Gattungen und Arten der Ginkgoales bekannt, die sowohl auf der Nord- als auch auf der Südhalbkugel nachgewiesen wurden. Heute ist der Ginkgobaum (*Ginkgo biloba*) der einzige lebende Vertreter dieser Ordnung und er hat sich seit dem Erdmittelalter (Mesozoikum) kaum verändert.

GNETALES

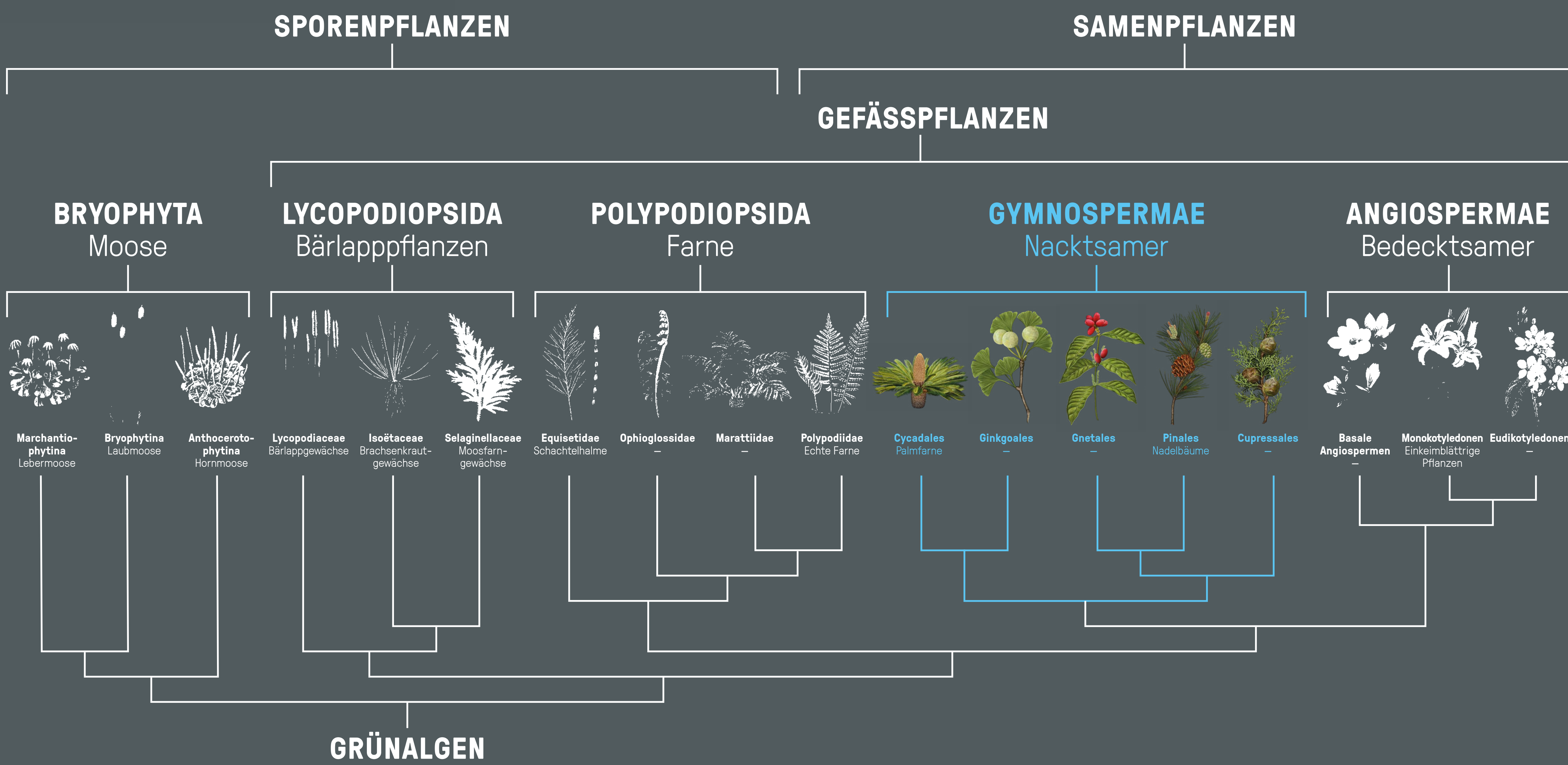
Die Gnetales umfassen 115 Arten und sind fast weltweit verbreitet, mit einem Schwerpunkt in den Tropen und Subtropen. Die Ordnung umfasst Sträucher, Bäume und Lianen. Sie verteilen sich auf drei Gattungen mit sehr unterschiedlichen Blättern: von Schuppenblättern (*Ephedra*) über Laubblätter (*Gnetum*) bis hin zu den bandförmigen Blättern der *Welwitschia mirabilis*.

PINALES / Nadelbäume

Die 235 rezenten Arten der Nadelbäume haben als Anpassung an kalte Winter meist nadelförmige Blätter. Sie sind einhäusig (monözisch), das bedeutet, männliche und weibliche Blüten sitzen an derselben Pflanze.

CUPRESSALES

Cupressales sind mit 404 Arten die grösste Ordnung der Nacktsamer. Gemeinsam mit den Nadelbäumen werden sie auch als Koniferen, also «Zapfenträger» bezeichnet, was sich auf ihre zapfenförmigen Blütenstände bezieht.



ANGIOSPERMAE / BEDECKTSAMER

Erfolg durch Teamwork

Fossile Belege von frühen Bedecktsamern sind bis zu 140 Millionen Jahre alt. Sie sind die modernste und heutzutage mit rund 320´000 Arten die artenreichste Pflanzengruppe. Im Gegensatz zu den Nacktsamern (Gymnospermae) liegen die Samenanlagen der Angiospermen nicht offen, sondern sind durch Fruchtblätter bedeckt (deshalb Bedecktsamer).



WINDBESTÄUBTE
BLÜTEN

VOGELBESTÄUBTE
BLÜTEN

Bedecktsamer werden teilweise als «Blütenpflanzen» bezeichnet. Diese Bezeichnung ist jedoch ungenau, da sie je nach Definition einer Blüte auch schon auf Bärlapppflanzen und nachfolgende Gruppen zutreffen würde. Es stimmt jedoch, dass viele Bedecktsamer besonders auffällige Blüten haben. Das liegt daran, dass die meisten Arten tierbestäubt sind. Bei den vorherigen Gruppen erfolgt die Bestäubung meist über Wind oder Wasser, somit benötigen sie keine Schauapparate um Bestäuber anzulocken. Auch windbestäubte Bedecktsamer wie Gräser haben meist sehr unscheinbare Blüten.

Tierbestäubte Bedecktsamer hingegen locken durch die auffallenden Farben, Formen und Düfte ihrer Blüten Bestäuber an und haben dadurch den Vorteil, dass ihr Pollen auch über weite Entfernungen relativ präzise von Blüte zu Blüte der gleichen Art transportiert wird. Viele Bedecktsamer-Blüten sind an bestimmte Bestäuber wie Bienen, Schmetterlinge, Vögel oder Fledermäuse angepasst. Es wird angenommen, dass der grosse Artenreichtum der Bedecktsamer auf die Koevolution mit ihren Bestäubern zurückzuführen ist.

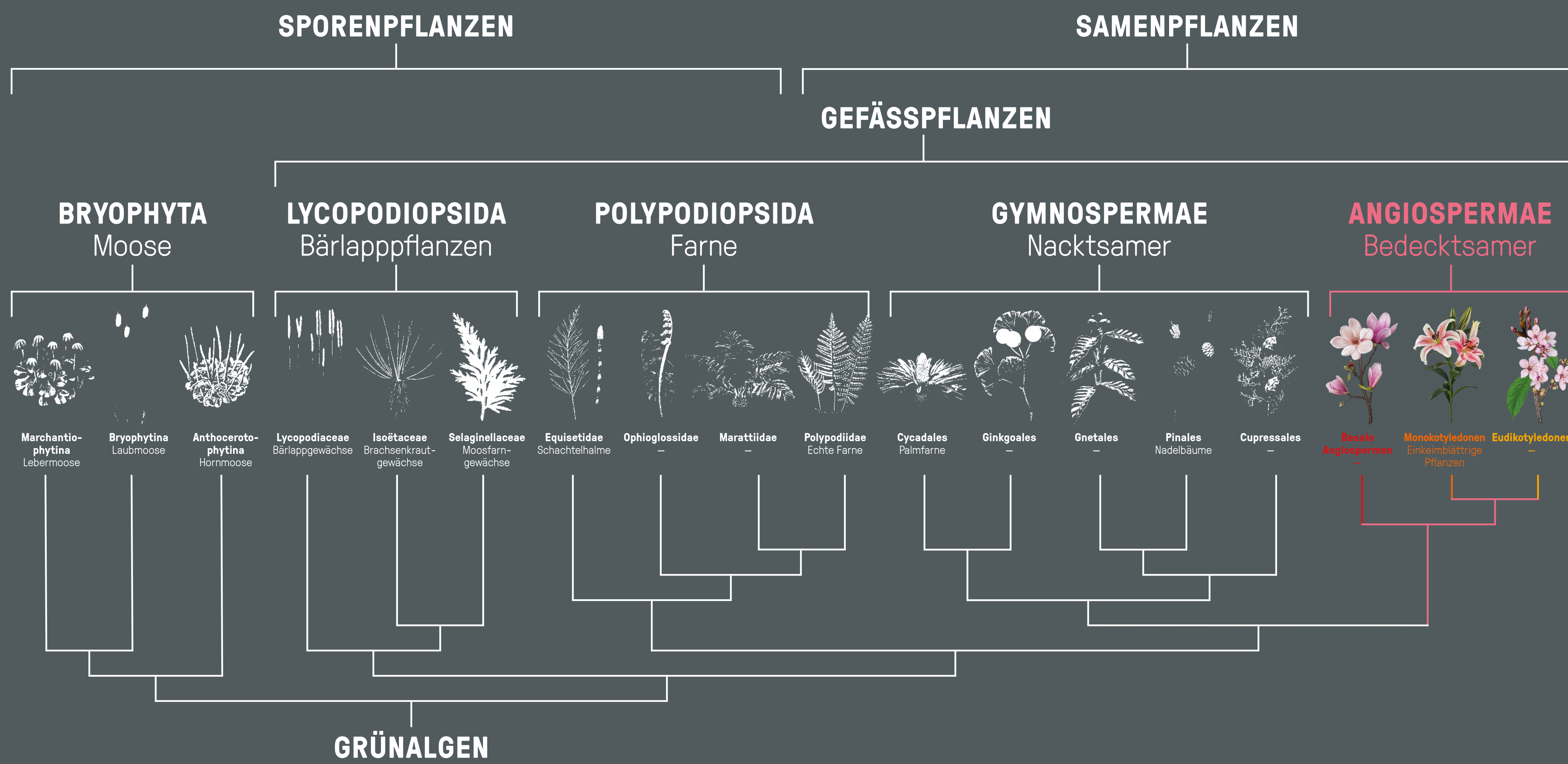
Bedecktsamer lassen sich in drei Grossgruppen unterteilen:

- BASALE ANGIOSPERMEN
- MONOKOTYLEDONEN
- EINKEIMBLÄTTRIGE PFLANZEN
- EUDIKOTYLEDONEN

Die Hornblattartigen (Ceratophyllales) sind keiner dieser Gruppen zugeordnet und werden hier nicht gezeigt.



NACHTFALTERBESTÄUBTE
BLÜTEN



BASALE ANGIOSPERMEN

Die Basalen Angiospermen sind seit rund 140 Millionen Jahren nachgewiesen und sind die ursprünglichste Gruppe der Bedecktsamer. Heute umfassen sie ca. 8'600 Arten, deren Blüten vielgestaltig sind. Ein häufiger Trend sind Blüten mit zahlreichen (>10) Blütenorganen wie Blütenblättern oder Staubblättern, die spiralig angeordnet sind.

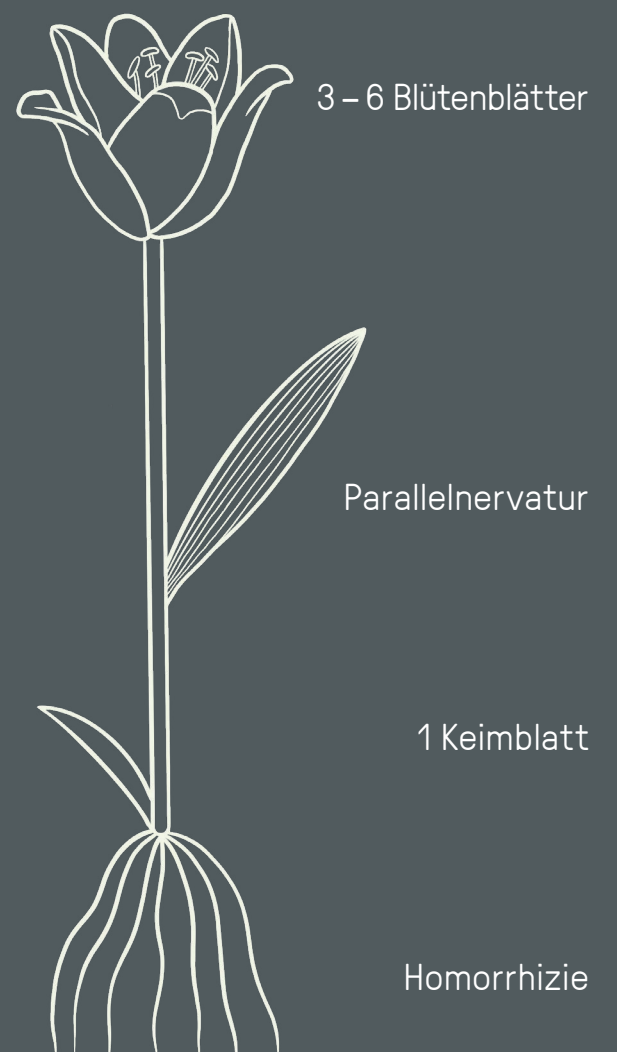
Unter den Basalen Angiospermen werden verschiedene Ordnungen zusammengefasst, zu denen z.B. Magnolien und Seerosen gehören. Da Basale Angiospermen häufig ätherische Öle produzieren, finden sich hier viele Gewürzpflanzen wie Pfeffer, Lorbeer und Sternanis.



MONOKOTYLEDONE EINKEIMBLÄTTRIGE PFLANZEN

Seit 120 Millionen Jahren sind die Einkeimblättrigen Pflanzen nachgewiesen, die heute mit 60'000 Vertretern eine artenreiche Pflanzengruppe bilden. Sie unterscheiden sich von anderen Pflanzengruppen dadurch, dass sie nur ein Keimblatt haben.

Abgesehen von den Keimblättern gibt es weitere Merkmale, an denen sich die Einkeimblättrigen Pflanzen gut erkennen lassen: ihre Wurzeln sind alle gleich gestaltet (keine Unterteilung in Haupt- und Nebenwurzeln / Homorrhizie), ihre Blätter weisen häufig eine typische Parallelnervatur auf und die Anzahl ihrer Blütenblätter entspricht meist drei oder einem Vielfachen von drei. Zu den Einkeimblättrigen Pflanzen gehören wichtige Vertreter wie Gräser, Orchideen und Palmen.



EUDIKOTYLEDONEN

Auch die Eudikotyledonen sind ca. 120 Millionen Jahre alt und mit über 250'000 Arten heute die grösste Pflanzengruppe. Genau wie die Basalen Angiospermen haben sie zwei Keimblätter, deshalb werden beide Gruppen zusammen auch als Zweikeimblättrige Pflanzen (Dikotyledonen) bezeichnet.

Die Blätter der Eudikotyledonen weisen meist eine Netznervatur auf und haben häufig eine Primärwurzel mit Seitenwurzeln (Allorrhizie). Die Anzahl ihrer Blütenblätter entspricht oft vier oder fünf. Trotz dieser Gemeinsamkeiten sind sie extrem formenreich und kommen unter anderem als Bäume, Sträucher, Kräuter, Kletterpflanzen und Wasserpflanzen vor. Vertreter wichtiger Ordnungen innerhalb der Eudikotyledonen sind z.B. die Alpenklassiker (Edelweiss, Alpenrose, Enzian), aber auch Rosen, Kürbisse, Basilikum und Hülsenfrüchte.

