

Hauptvorlesung Biologie II

Organisationsformen, Anatomie und Morphologie von Pflanzen

Professor Dr. Donat-Peter Häder

zusammengefasst von Susanne Duncker
aus ihrer Mitschrift aus der Vorlesung unter Zuhilfenahme des ausgegebenen Skripts und des
Buches „Strasburger – Lehrbuch der Botanik für Hochschulen“, 35. Auflage

Alle Bildangaben beziehen sich, sofern zwischen den beiden Zahlen ein Bindestrich ist, auf diese Auflage des
„Strasburger“, wenn sich zwischen den Zahlen ein Punkt befindet, auf den Campbell/Reece (Campbell, Reece: Biologie,
6. Auflage)

Für Hinweise auf Fehler bin ich dankbar! Email an: Susanne.Duncker@biologie.stud.uni-erlangen.de

Inhaltsverzeichnis

Wichtige taxonomische Kategorien und ihre Kennzeichnung in der botanischen Nomenklatur.....	3
Thallophyten.....	3
Prokaryota.....	3
Phycophyta / Algen.....	4
Euglenophyceae, Cryptophyta.....	4
Dinoflagellaten, Haptophyceen, Chrysophyceae, Diatomeen, Xanthophyceen.....	5
Chlorophyceae.....	7
Phaeophyceae.....	7
Rhodophyceae und Ökologie und Nutzung der Algen.....	8
Myceophyta / Pilze.....	9
Myxomycetes.....	9
Chytridiomycetes, Oomyceten.....	10
Zygomycetes, Ascomycetes.....	10
Basidiomycetes, Lichenes (Flechten).....	12
Bryophyta / Moose.....	16
Lebermoose.....	16
Laubmoose.....	17
Kormophyta.....	18
Pteridophyta / Farne.....	18
Isoetes, Psilotum, Lycopodium, Selaginella.....	19
Equisetum, Telomtheorie.....	20
Eu-, Leptosporangiaten, Hydropteriden.....	22
Gymnospermen / Nacktsamer.....	23
Generationswechsel.....	23
Angiospermen / Bedecksamer.....	24
Wurzel.....	25
Vegetationspunkt und primärer Bau der Wurzel.....	25
Sekundäres Dickenwachstum der Wurzel.....	26
Sprossachse.....	27
Leitbündelbau und Anordnung.....	28
Stelärtheorie, primäres Dickenwachstum.....	29
Sekundäres Dickenwachstum der Gymnospermen und Dikotylen.....	30
Angiospermen: Bast und Borke.....	31
Sprossverzweigung.....	32
Blatt.....	32
Aufbau.....	33
Blattstellung.....	35
Metamorphosen: Ranken, Platykladien, Dornen.....	35
Blüte.....	36
Aufbau, Generationswechsel der Angiospermen.....	36
Blütenstände.....	38
Samen, Früchte.....	38
Einige Begriffe.....	40

Wichtige taxonomische Kategorien und ihre Kennzeichnung in der botanischen Nomenklatur

<i>Taxon</i>	<i>übliche Endungen</i>	<i>Beispiel (Synonym)</i>
Domäne	-a	Eukarya
Reich	vielfach: -ota, -bionta	Eukaryota bzw. Chlorobionta
Abteilung (Phylum)	-phyta bei Pilzen: -mycota	Spermatophyta (Magnoliophyta)
Unterabteilung	-phytina bei Pilzen: -mycotina	Magnoliophytina (Angiospermae)
Klasse	-opsida, früher: -atae bei Pilzen: -mycetes bei Algen: -phyceae	Rosopsida
Unterklasse	-idae	Asteridae
Ordnung / Reihe	-ales	Asterales
Familie	-aceae	Asteraceae (Compositae)
Gattung (Genus) und Art (Species)	binärer Name	Aster alpinus

Tabelle 1 - Botanische Nomenklatur

Thallophyten

Prokaryota

Protophyta (phototrophe Einzeller werden so bezeichnet; in fast allen Algenklassen gibt es solche einzelligen Formen)

1. Abteilung: Prokaryota

1. Klasse: Bacteria

2. Klasse: Cyanobacteria

- betreiben Photosynthese
- Wand gramnegativ (= Mureinnetz der Zellwand dünn, einschichtig)
- keine Geißeln → gleitende Bewegung
- Unterschiede zu Eubakterien:
 - andere Photosynthesepigmente (Chlorophyll a statt Bakteriochlorophyll; Chlorophyll a verwertet Energie, alle anderen Pigmente leiten nur das Licht weiter)
 - stellen bei der Photosynthese Sauerstoff her
 - 5 – 10 mal größer als Bakterienzellen
- Unterschiede zu eukaryotischen Algen:
 - kein Zellkern
 - keine Mitochondrien
 - keine Lysosomen
 - kein endoplasmatisches Reticulum
 - keine membranbegrenzten Chloroplasten
 - keine von einem Tonoplasten umgebene Zellsaftvakuole
 - manche Arten haben gasgefüllte Vesikel, sog. Gasvakuolen

- Fähigkeit, den freien Luftstickstoff zu binden
- Heterocysten (Abb. 5-1): binden Luftstickstoff (produzieren bis zu 500 kg N₂ pro Jahr pro Cyanobakterium); sind größer als andere Zellen des Fadens, farblos, haben dicke Zellwände und besitzen lichtbrechende Polkörperchen; der in ihnen erzeugte Stickstoff wird offenbar über feine Kanäle der Polkörperchen zu den Nachbarzellen geleitet
- Nucleo- oder Centroplasma: Farblos, enthält Chromatinapparat, stellt das Kernäquivalent dar
- Zellteilung durch Durchschnürung der gesamten Zelle
- Chromatoplasma: peripher, gefärbt, sehr viskos, strömt nicht; enthält in diffus verteilten Ribosomen RNA und – an Thylakoide gebunden – das Assimilationspigment Chlorophyll a
- akzessorische Pigmente: Carotinoide und zwei Phycobiliproteide¹, deren prosthetische Gruppen Phycobiline genannt werden
- Phycobiliproteide sind in Körperchen lokalisiert, die Phycobilisomen genannt werden; diese sind den Thylakoiden (Abb. 11-14) aufgelagert, die in ungefähr gleichen Abständen verteilt sind und nicht stapelartig geschichtet sind
- Reservestoffe: Cyanobakterienstärke, als Stickstoffreserve Cyanophycinkörnchen (aus Polymeren der Proteine Arginin und Asparagin) und als Phosphorreserve Volutinkörner
- kokkale Organisationsform: einzelne Zellen, einige Cyanobakterien
- trichale Organisationsform: Teilung ohne vollständige Abtrennung voneinander → Zellfäden (Abb. 5-1)
 - polar: erste Zelle „fest“, Faden wächst in die andere Richtung
 - unpolar: Wachstum in beide Richtungen
 - unechte Verzweigung (Abb. 11-15 K): eine Zelle ändert ihre Teilungsebene → neues Ende wächst aus vorhandenem Faden hervor
- Schleimscheide aus Polysacchariden
- DNA ohne Histone, Durchmesser 2,5 nm
- hoch polyploid
- (scheinbar) keine sexuelle Vermehrung

Phycophyta / Algen

Euglenophyceae, Cryptophyta

ab hier gehört alles zu den Eukaryota

2. Abteilung (Stamm): Phycophyta (Algen)

- Sexualität
- Geißeln (Aufbau 9+2, siehe Zusammenfassung Biologie I: Cytologie von Anja Hartmann)
- systematische Einteilung erfolgt über Pigmente

1. Klasse: Euglenophyceae

- Abb. 11-102
- Chlorophyll a und b → Photosynthese; manche heterotroph (Euglena / Astasia; siehe Zusammenfassung Pflichtvorlesung 1. Semester: Zoologie)
- Carotine² und Xanthophylle
- Öle als Reservestoffe (Paramylon (Körner oder Scheiben aus Polysacchariden, produziert von Pyrenoid im Chloroplasten), Glucosebausteine)
- keine Sexualität bekannt
- keine Zellwand, sondern Pellicula (aus Proteinen bestehende Hülle, unmittelbar ans

1 Proteide: zusammengesetzte (konjugierte) Proteine, besitzen eine essentielle Nichteisweißkomponente, die prosthetische Gruppe

2 Häder sagte meist „Carotinoide und Xanthophylle“, Carotinoide umfassen aber Carotine und Xanthophylle → ich gehe davon aus, dass er Carotine meinte und schreibe das auch

Plasmalemma grenzend)

- zwei Geißeln (9+2-Bau, Mastigonemen), eine funktional
- metabolische Bewegungen
- Stigma
- Paraflagellarkörper (was das ist, weiß ich leider nicht, sorry)
- kontraktile Vakuole zur Osmoregulation
- Phototaxis und Gravitaxis
- limnisch, manche marin

2. Klasse: Cryptophyceen

- fast alle begeißelt, also Flagellaten (s. Abb. 11-68)
- zwei Geißeln entspringen im Schlund
- häufig einzellig
- sie besitzen keine Zellwand, sondern eine Pellicula
- in Chloroplasten:
 - Chlorophyll a und b (laut Strasburger a und c – steht aber so im „Food for thought“)
 - α - & β -Carotin
 - zusätzlich Phycobiline; Doppelsymbiose? (leider weiß ich nicht, was genau das bedeutet; hier meine Theorie: Chlorophyll und Phycobiline gehören zu zwei verschiedenen Bakterien, die – begründet durch die Endosymbiontentheorie – einst von den Cryptophyceen aufgenommen wurden, daher Doppelsymbiose)
- entweder Phycoerythrin oder Phycocyanin – diese werden jedoch, im Gegensatz zu Rhodophyten und Cyanobakterien, nicht in Phycobilisomen gespeichert!
- Pyrenoide enthalten Stärke, die der Reservestoff ist
- Sexualität unbekannt, vegetative Fortpflanzung durch Längsteilung
- besitzen im Schlund Ejectosomen, die bei Reizung ausgeschleudert werden
- ökologisch wichtig (Phytoplanktonblüten)

Dinoflagellaten, Haptophyceen, Chrysophyceae, Diatomeen, Xanthophyceen

3. Klasse: Dinoflagellata

- meist marin (bis zu 50 % der Biomasse), weniger limnisch
- besitzen Schwebefortsätze → Plankton
- werden durch Schiffe „verschleppt“
- gelegentlich kommt es zu Planktonblüten, den sogenannten „red tides“ → giftige Arten befallen Fische / Muscheln → Fisch- / Menschensterben
- Chloroplasten enthalten Chlorophyll a und c sowie β -Carotin und Xanthophylle
- Reservestoffe: Öl, Stärke
- Polyglukane (nein, ich weiß leider nicht mehr, was mir das sagen soll ... jemand von euch? Vielleicht Reservestoffe?)
- die Zellwand besteht aus Zelluloseplatten, die Poren für Plasmafäden enthält (für heterotrophe Ernährung) und eine Quersfurche mit Flimmergeißel sowie eine Längsfurche mit Peitschengeißel besitzt → heterokonte Begeißelung
- Dinoflagellaten besitzen ein Stigma, einen Augenfleck
- Dinokaryon
- die Chromosomen sind auch im Ruhekern sichtbar, da sie während der Interphase so stark kontrahiert sind, dass sie erkennbar bleiben
- Geschwindigkeit der Fortbewegung: 4 Zelllängen pro Sekunde
- Meeresleuchten: Noctiluca (Luciferin wird durch das Enzym Luciferase in Anwesenheit von Sauerstoff zu Oxyluciferin, dieses wird durch eine Reduktase und FMNH wieder zu Luciferin – 352 kJ/mol werden als Licht frei)
- sind Symbionten aller riffbauenden Korallen (ohne Endosymbionten bleiben die Korallen zwar am Leben,

verlieren aber die Fähigkeit, Kalkskelette zu bilden)

4. Klasse: Haptophyceen

- Mikroleitfossilien ab Jura → haben wesentlichen Anteil an der Bildung bestimmter Kalksedimente (daraus besteht also Kreide)
- meist marin
- die Zellen sind relativ klein, meist kleine Flagellaten mit Haptonema und einem Stigma
- sie besitzen zwei gleich gestaltete, glatte Geißeln
- zwischen den Geißeln befindet sich ein fadenförmiges Organell, das Haptonema (6-8 Tubuli, 3 konzentrische Membranen; keine 2+9-Struktur!); Funktion: Festhalten
- Coccolithen (Celluloseplättchen) werden im Golgi-Apparat gebildet und mit Kalk belegt; die nach außen geschobenen Coccolithen bilden einen Panzer um die Zelle
- autotroph oder phagotroph
- Reservestoffe: Öl
- die Thylakoide liegen zu dritt in Stapeln
- in Chloroplasten: Chlorophyll a und c sowie β -Carotin und Xanthophylle → erscheinen gelbbraun
- setzen sich an Fischkiemen fest → wenn es zu viele gibt, geben sie zu viele toxische Stoffe ab → ökologische Katastrophen
- Chrysolaminarin und Paramylon (Stärke, siehe oben) als Reservestoffe

5. Klasse: Chrysophyceen

- marin und limnisch
- zwei unterschiedliche Geißeln (heterokonte Begeißelung), eine ist glatt, die andere behaart
- ein großer Plastid (Chloroplast), darin befindet sich das Stigma
- können Geißeln abwerfen → schwimmen als Amöben
- Amöben bilden im Winter Cysten „mit Urne und Stopfen“ (laut „Food for thought“ - im Strasburger steht dazu nur, dass die Cysten mit „meist verkieselter Wand und Stöpselverschluss“ auftreten (Abb. 11-74 E))
- zwei Organisationsformen:
 - Flagellaten
 - trichal verzweigt
- Chloroplasten enthalten Chlorophyll a und c sowie β -Carotin und Xanthophylle → erscheinen braun
- Reservestoffe: Öl, Chrysolaminarin

6. Klasse: Diatomeen / Bacillariophyceen / Kieselalgen

- limnisch und marin
- Reservestoffe: Chrysolaminarin, Öle
- Chlorophyll a, c
- vegetative Vermehrung durch Zweiteilung: die jeweils innere Theka (Hypotheka, Gegenteil: Epitheka) wird neu gebildet → die Zellen verkleinern sich dabei jedesmal, bis zu einer Minimalgröße, dann Meiose und Verschmelzung zu Zygoten, die eine neue Zellwand bildet
- Kieselgur = alte Kieselpanzer (Silikatschalen), z.B. in Zahnpasta
- Abb. 11-76

1. Unterklasse: Centrales

- Abb. 11-78
- Kieselsäure amorph eingelagert
- unbeweglich, werden von Strömung transportiert (sind also Plankton); Anmerkung: laut Strasburger sind die männlichen Gameten jedoch begeißelt

2. Unterklasse: Pennales

- Abb. 11-77

- keine Geißeln, nur in Kontakt mit glatter Oberfläche beweglich (vermutlich spielt hierbei die Raphe, die in Längsrichtung verlaufende Spalte im Kieselpanzer, eine Rolle); Gameten auch nicht begeißelt

7. Klasse: Xanthophyceen / Gelbgrünalgen

- Chlorophyll a
- β -Carotin, Heteroxanthin $\rightarrow$ gelbgrün
- Reservestoffe: Öl, Chrysolaminarin
- es gibt unter ihnen heterokont begeißelte Flagellaten, siphonale und trichale Formen
- Zoosporen dienen der vegetativen Vermehrung (Entstehung s. Abb. 11-73 A + B)
- Gameten (n) $\rightarrow$ generative Vermehrung
- die Karyogamie führt zur Zygote (2n)
- es kommen verschiedene Arten der Sexualität vor:
 - Isogamie
 - Anisogamie
 - Oogamie

Chlorophyceae

8. Klasse: Chlorophyceen / Grünalgen

- 90 % limnisch, Rest marin
- verschiedene Organisationsformen:
 - unbegeißelte Einzeller
 - Flagellaten (2 – 4 Peitschengeißeln)
 - trichale und siphonale Formen, verzweigt und unverzweigt
 - Koloniebildner
 - Vielzeller, z.B. Volvox (Abb. 11-96)
 - Spezialisierung: nur ein Teil der Zellen ist fortpflanzungsfähig, sie liegen im „hinteren“ Teil der Kugel (sie hat eine Schwimmrichtung), dem sog. generativen Pol (Gegensatz: vegetativer Pol)
 - Volvox pflanzt sich vegetativ über Tochterkugeln fort: Einige Zellen teilen sich, das neue Gewebe stülpt sich nach innen und löst sich $\rightarrow$ Tochterkugeln sind entstanden; sie werden nur durch Aufreißen der Mutterkugel frei $\rightarrow$ Volvox ist ein echter Vielzeller, da die Vermehrung mit der Bildung einer Leiche verbunden ist
 - geschlechtliche Fortpflanzung erfolgt bei Volvox über Oogamie, es bilden sich hierzu Eizellen und Spermatozoiden
- Chlorophyll a, b
- Carotine, Lutein, Xanthophylle
- Reservestoffe: Stärke, Fette, Öle
- die Pyrenoide (speichern Stärke) und das Stigma liegen in den Chloroplasten
- Zellwand aus Cellulose, eingebettet in Pektin = verschiedene Polysaccharide
- Vermehrung über Iso-, Aniso- und Oogamie
- es gibt sowohl Diplonten als auch Haplonten $\rightarrow$ es finden Generationswechsel statt
- es gibt isomorphe (Chladophora), heteromorphe (Derbesia-Halicystis) und heterophasische Generationswechsel – s. Abb. 11-101 (B isomorph, C heteromorph)
- Meiose bei der Zoosporenbildung
- Höchste Entwicklung bei Charophyta (Armleuchteralgen; Nodien, Internodien, Spermatogonien, Oogonien)

Phaeophyceae

9. Klasse: Phaeophyceae / Braunalgen

- fast alle marin (→ Tange)
- alle Formen von winzigen, verzweigten Zellfäden (trichal, z.B. *Ectocarpus*, Abb. 11-80) bis zu vielschichten, viele Meter großen Gewebethalli mit Gliederung in Phylloid, Cauloid und Rhizoid (z.B. *Laminaria*, Abb. 11-83)
- es gibt unter ihnen keine Einzeller, nur einzellige Stadien
- machen zweigeißlige Gameten und Zoosporen
- Chlorophyll a, c
- β -Carotin
- Fucoxanthin als Xanthophyll (→ braun)
- nie Stärke, sondern Mannit, Öl und Chrysolaminarin als Reservestoffe
- Zellwände aus Cellulose, Pektin und Alginaten
- Generationswechsel sind iso- oder heteromorph
- Anmerkungen zu den Laminaria:
 - Sporophyt wächst mit Scheitelzellen
 - der Sporophyt besitzt bereits Gewebe, das für Assimilatleitung da ist, die sog. „Trompetenzellen“ (deren Querwände sind siebplattenartig durchbrochen)
 - der Generationswechsel ist heteromorph mit Förderung des diploiden Sporophyten:
 - Gametophyten mikroskopisch klein, männliche und weibliche Pflanzen unterscheiden sich deutlich im Bau
 - Oogamie; nach Befruchtung der Eizelle wächst der diploide Sporophyt heran
 - der Sporophyt erzeugt an seiner Oberfläche außer sterilen Zellen auch Lager von Sporocysten, in denen sich zweigeißlige Zoosporen bilden

Rhodophyceae und Ökologie und Nutzung der Algen

10. Klasse: Rhodophyceae / Rotalgen

- meist marin in der Gezeitenzone (litoral), aber auch bis 200 m tief
- Chlorophyll a, d
- Phycoerythrin und Phycocyanin als Phycobiliproteide in Phycobilisomen (s. Cyanobakterien); sammeln das Licht und leiten es ans Chlorophyll weiter
- Reservestoffe: Florideenstärke
- Wände aus Cellulose, Pektin, Alginaten
- makroskopische Thalli (bedeutet wohl, man kann sie, im Gegensatz zu manchen anderen Thalli, sehen – oder versteht das jemand anders?)
- keinerlei begeißelte Formen bekannt → Gameten unbegeißelt → Spermatiden statt Spermatozoiden
- Fortpflanzung: (vgl. Abb. 11-65 A)
 - typisch: dreigliedriger Generationswechsel, bei dem der Sporophyt auf dem Gametophyten parasitiert
 - der Gametophyt ist eine selbstständige Pflanze, die die Gametangien, Karpogone genannt, entwickelt, die oft in einen langen Fortsatz, genannt Trichogyne, enden, das Empfängnisorgan
 - an anderen Teilen des Gametophyten (oder an anderen Individuen) entstehen die unbegeißelten Keimzellen in Spermatangien
 - die Spermarien werden mit dem Meerwasser verdriftet, treffen auf eine Trichogyne und geben ihren Kern an diese weiter (Oogamie) → es folgt die Karyogamie
 - aus der befruchteten Eizelle entsteht der Karposporophyt in Form von diploiden Zellfäden, die aus dem Karpogon herauswachsen, wobei sie mit dem Gametophyten verbunden bleiben → erster Generationswechsel (findet auf ein und derselben Pflanze statt!)
 - der Karposporophyt erzeugt im Karpogon diploide Karposporen (Mitosporen, s. S. 40)

- aus den Karposporen entsteht bei den meisten Rotalgen der Tetrasporophyt (zweiter Generationswechsel), der dem Gametophyten äußerlich gleicht (isomorph), jedoch diploid ist; er bildet aus je einer Sporenmutterzelle vier (→ „Tetra“...) haploide Tetrameiosporen
- zwei verschiedene Typen:
 - Zentralfadentyp: ein Zentralfaden, seitliche Kurztriebe
 - Springbrunnentyp: mehrere, fast parallele, gleichberechtigte Fäden

Anordnung von Algen in der Gezeitenzone

- Abb. 11-107
- Supralitoral (Spritzwasserzone)
- Eulitoral (Zone, in der bei Flut Wasser ist, bei Ebbe nicht)
- Sublitoral (stets von Wasser bedeckt)
- Deckalgen
- Unterwuchs
- Epiphyten
- Krustenalgen

Kommerzielle Nutzung der Algen

- Mikroalgen (Spirulina, Chlorella)
- Makroalgen (2 Mio t Braunalgen, 0,9 Mio t Rotalgen)
- Pottasche
- Jod
- Phycokolloide (Agar-Agar, Carragenan, Alginat)
- Nahrungsmittel (Nori, Ulva)
- Dünger
- Tierfutter
- Energiegewinnung

Myceophyta / Pilze

Myxomycetes

3. Abteilung: Mycophyta / Pilze

- keine Plastiden → heterotroph
- Reservestoffe: nie Stärke, sondern Glykogen, Mannit, Fett → eher mit Tieren als mit Pflanzen verwandt
- Zellwand aus Chitin, manchmal Cellulose → eher mit Tieren als mit Pflanzen verwandt
- Mycel aus Hyphen
- Mycel kann diözisch oder monözisch sein
- haben manchmal Zoosporen, sind also bei der Vermehrung auf Wasser angewiesen
- haben manchmal Endosporen → ans Landleben angepasst
- haben manchmal Conidiosporen → ans Landleben angepasst
- Isogamie, Anisogamie und Oogamie + Gametangioogamie + Somatogamie
- meist Süß-, selten (?) Salzwasser; Landleben

1. Klasse: Myxomycetes / Schleimpilze

- Sporen entlassen Myxamöben oder Myxoflagellaten (Flagellaten (Abb. 11-17 A-C) können durch Verlust ihrer Geißel(n) zu Amöben werden); je zwei Amöben oder Flagellaten verschmelzen (zuerst Plasmogamie, dann Karyogamie) → zahlreiche mitotische Kernteilungen → größere, vielkernige Plasmodien
- vegetative (= somatische) Phase: Plasmodium (eine Zelle, viele Kerne, freier Schleimkörper),

nicht zellulär untergliedert

- bilden Pseudoplasmodien (ähnlich Plasmodium, Zellen zwar eng verbunden, aber nicht verschmolzen)
- unter bestimmten Bedingungen (Substraterschöpfung etc, jedoch noch nicht exakt erforscht) setzt die Fruchtkörperbildung ein: das Plasmodium kriecht ans Licht und wandelt sich in zahlreiche Sporokarpe („Sporangien“) um (Abb. 11-17) → Bildung von zunächst diploiden, einkernigen Sporen → durch Meiose entstehen in jeder Spore vier haploide Kerne, von denen drei wieder verschwinden → bei der Fruchtreife bricht das Sporokarp auf, Sporen werden heraus geblasen
- Generationswechsel zwischen Amöben (oder Flagellaten) und Plasmodien
- Schleimpilze sind wohl Pflanzenparasiten (steht zumindest so im „Food for thought“, welches uns ausgeteilt wurde)

Chytridiomycetes, Oomyceten

2. Klasse: Chytridiomycetes

- Abb. 11-23, 11-24, 11-25
- wurden früher auch zu den Phycomycetes, den Algenpilzen, gezählt, haben aber nichts mit den anderen Arten dieser damaligen Bezeichnung zu tun
- einkernige Zellen oder siphonale Mycelien
- häufig Parasiten (Lebewesen, die sich anderen Lebewesen anschließen und von ihnen leben) an Wasserpflanzen, Algen, Tieren, Insekten und anderen Pilzen
- Saprophyten (nehmen totes organisches Material auf)
- eine oder zwei Geißeln (eine unbehaarte, eine behaarte → opisthokont begeißelt)
- isomorphe und heteromorphe Generationswechsel – habe im Buch aber leider nur was über den isomorphen gefunden (Abb. 11-25 Q)

3. Klasse: Oomycetes, Cellulosepilze

- wurden früher auch zu den Phycomycetes, den Algenpilzen, gezählt, haben aber nichts mit den anderen Arten dieser damaligen Bezeichnung zu tun
- siphonaler Thallus / Mycel (hier ja dasselbe)
- Zellwände aus Cellulose & verschiedenen Glukanen
- Vermehrung:
 - in Vorlesung gehört und im „Food for thought“: Oogamie → ein Oogon wird befruchtet, Antheridium oft am gleichen Mycel
 - im Strasburger: Fortpflanzung durch Verschmelzung von männlichen Gametangien mit Oogonien → Gametangiogamie
- meist Saprophyten, wenn Wasserbewohner
- wenn Landbewohner, auch parasitisch an höheren Pflanzen, z.B. Plasmopara viticola (falscher Mehltau des Weines → Wein stirbt → ca. 20 % der Ernte werden so jährlich vernichtet)

Zygomycetes, Ascomycetes

4. Klasse: Zygomyceten / Schimmelpilze (z.B. Mucor)

- Abb. 11-26, 11-27
- wurden früher auch zu den Phycomycetes, den Algenpilzen, gezählt, haben aber nichts mit den anderen Arten dieser damaligen Bezeichnung zu tun
- Saprophyten
- septierte Mycelien, kein Syphon
- Zellwand aus Chitin
- keine Zoosporen mehr → Anpassung an Landleben; bei der vegetativen Vermehrung entstehen endogen im Inneren der Sporocysten von Zellwänden umhüllte Sporen, die an der Luft verbreitet werden; auch vorhanden: mit Keimschlauch auswachsende Konidien

- vegetative Vermehrung: Sporangien mit Conidiosporen (stimmt das? steht so im „Food for Thought“)
- Gametangiangamie
 - es kopulieren zwei aufeinander zu wachsende, ganze, häufig gleichgestaltete Gamentangien miteinander (die Gametangien entstehen dann, wenn sich zwei verschiedene (plus und minus) Hyphen begegnen (Abb. 11-26 E, 11-27 A-D)
 - die trennende Doppelwand zwischen den Gametangien verschwindet
 - eine Zygote entsteht; diese ist eine überdauernde, mit dicker mehrschichtiger Zellwand versehene Hypnozygote („Zygospore“), in der sich zahlreiche Geschlechtskerne paaren. Am Ende der Ruhepause haben wenige, manchmal nur ein einziges Kernpaar die Karyogamie vollzogen, während die anderen zu Grunde gegangen sind. An der Befruchtung nehmen demnach ausschließlich Gametenkerne, keine freien Gameten teil. Die „Zygospore“ keimt unter Meiose mit einem Keimschlauch aus, wobei sich nur ein einziger haploider Gonenkern (die übrigen Meioseprodukte degenerieren) mitotisch weiterteilt. Am Ende des Keimschlauches bildet sich eine Keimsporocyste (Abb. 11-27 J), die zahlreiche, einem einzigen Kreuzungstyp (+ oder –) angehörende Meiosporen enthält. (Zitiert aus Strasburger, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen, 35. Auflage, S. 613f)
 - die entstehende Dauerzygote ist oft von Hüllfäden umgeben (Abb. 11-27 G)
 - Beispiel: Phycomyces (Bild in Mitschrift, leider nicht gescannt)

5. Klasse: Ascomycetes / Schlauchpilze

- dazu gehört der Trüffel
- es gibt ca. 20.000 Arten (30.000 laut Strasburger, das sind 30 % der bisher beschriebenen Pilze!)
- überwiegend terrestrisch → keine begeißelten Stadien mehr
- meist Pflanzenparasiten oder Saprophyten
- Zellwände aus Chitin
- Thallus: fädiges, haploides Mycel aus septierten Hyphen
- es gibt plus- und minus-Mycelien
- Abb. 11-32
- Fortpflanzung auf zwei Weisen möglich:
 - Gametangiangamie: an einigen Hyphenenden entstehen weibliche Fortpflanzungsorgane, bestehend aus einer Stielzelle, dem angeschwollenen, vielkernigen weiblichen Gametangium (Ascogon genannt) und einem dem Scheitel des Ascogons aufsitzenden, gebogenen Fortsatz, der Trichogyne. In unmittelbarer Nähe des Ascogons entsteht ebenfalls aus einkernigen, haploiden Hyphen, ein keulenförmiges, vielkerniges, männliches Gametangium. Die beiden Sexualorgane wachsen aufeinander zu, das männliche Gametangium verschmilzt mit einer Trichogyne (Gametangiangamie). Die Kerne der Trichogyne degenerieren und die männlichen Kerne wandern aus ihrem Gametangium in die Trichogyne und von dort aus durch eine sich vorübergehend öffnende Pore in das Ascogon (Plasmogamie). Die Kerne legen sich paarweise aneinander (immer ein männlicher zu einem weiblichen), das Ascogon treibt daraufhin viele Schläuche aus, in die die Kernpaare hinein wandern – dies sind die ascogenen Hyphen, die unter Zellteilung wachsen und sich verzweigen, wobei jedoch bei jeder Teilung die Kerne paarweise in jeder Zelle vorliegen (Zellen der Dikaryophase = „Zweikernigen Phase“). Die Paarkernhyphen sind an den Querwänden durch eigentümliche Haken gekennzeichnet (Die beiden Kerne teilen sich, ein Kern wandert in die hakenförmige Ausbuchtung der Zelle ein; die weiter oben liegenden beiden Paarkerne werden durch Zellwand abgetrennt, es sind drei Zellen (neue, alte, Haken) entstanden, in den beiden ersten ist nur ein Kern; der Haken verschmilzt mit der „alten“ Zelle → wieder zwei Kerne in dieser Zelle; dieses Geschehen wiederholt sich bei jeder Zellteilung, bis Ascusbildung einsetzt). Durch Karyogamie wird nach einiger Zeit die Ascusbildung eingeleitet: Aus den Endzellen der ascogenen Hyphen

entstehen nach Karyogamie und Meiose die Asci („Schläuche“, Abb. 11-35). Die Endzelle wird nach der Kernverschmelzung zur keulenförmigen, zunächst noch einkernigen, diploiden Sporocyste; nach drei meiotischen Teilungen sind acht haploide Kerne entstanden, um die sich Wände bilden → es sind **acht Sporen** entstanden. (Abb. 11-32 F-K). Der Ascus ist also eine Meiosporocyste, in der an die beiden Reifeteilungen (Miose) noch eine Mitose angeschlossen wird.

- Somatogamie: Hier sind keine Gametangien beteiligt, es verschmelzen einfach gewöhnliche haploide Hyphen miteinander, woraus wiederum nach der Plasmogamie ein dikaryotisches Mycel entsteht – weiter geht es mit Asci, wie bereits bei der Gametangiogamie beschrieben.
- aus „Food for thought“: „Karyogamie mit Hakenbildung und anschließender Meiose → Ascus mit meist 8 Ascosporen (inoperculat, operculat)“ – ich weiß aber leider nicht, was uns die beiden letzten Begriffe sagen möchten (Theorie: ohne und mit Deckel über einer Öffnung, durch die die Sporen austreten)
- Fruchtkörper am Boden; besteht hauptsächlich aus haploiden Hyphen
- Fruchtkörper dient dem Generationswechsel
- Fruchtkörperformen
 - Kleistothecium: kugelförmig geschlossen (Abb. 11-34 B)
 - Apothecium: schüsselförmig offen (Abb. 11-36 B)
 - Perithecium: flaschenförmig, mit vorgebildeter Öffnung bei ascohymenialer Entwicklung
 - Pseudothecium: flaschenförmig, mit vorgebildeter Öffnung bei ascoloculärer Entwicklung
- im ca. 15. Jahrhundert: Ergotismus durch *Claviceps purpurem*, ruft Mutterkorn am Weizen hervor
 - „Mutterkorn“ am Weizen macht Alkaloide, z.B. Ergothamin
 - Ergosin → kontraktile
 - Xanten 857 zum ersten Mal berichtet
 - „Antoniusfeuer“
 - Krankheit wurde durch Einführung von Kartoffeln zunächst verdrängt
- zu den Ascomyceten gehören auch zwei typische Vertreter des Schimmels, und zwar der Gießkannenschimmel *Aspergillus* und der Pinselschimmel *Penicillium* (Abb. 11-33); sie vermehren sich vegetativ über Conidiosporen
- eine weitere zu den Ascomycetes gehörende Ordnung sind die Pezizales
 - saprophytisch
 - typische Fruchtkörperform: becher- bis scheibenförmiges Apothecium, dessen Oberfläche das aus Asci und haploiden sterilen Paraphysen bestehende Hymenium trägt; die Asci öffnen sich an ihrem Scheitel mit einem Deckelchen → unitunicat-operculat (leider weiß ich nicht, was unitunicat bedeutet)
 - einige Vertreter besitzen länger gestielte Apothecien – *Morchella* z.B. (bekannt: Stinkmorchel) klappt das Apothecium nach unten um, so dass die Oberfläche vergrößert ist
 - die Tuberaceae sind die Echten Trüffeln, die meist unterirdisch im Waldboden leben; sie lassen sich von der offenen Schüsselform ableiten und gehören wegen vorhandener Übergänge zu den Pezizales; ihre Fruchtkörper bleiben jedoch im Erdboden und geschlossen; die Befreiung der Ascosporen erfolgt durch pilzfressende Tiere oder durch Zerfall der Fruchtkörper
- weiterhin im „Food for thought“ erwähnt: Saccharomycetales, Taphrinales – hierzu leider keine Zusammenfassung, da ich es nicht kapiert habe – die Saccharomycetales z.B. gehören laut Strasburger nicht zu den Ascomycetes ...?

Basidiomycetes, Lichenes (Flechten)

6. Klasse: Basidiomycetes

- ca. 15.000 Arten (Strasburger: ca. 30.000 Arten, ca. 30 % aller bekannten Pilze)
- Basidien: charakteristische Meiosporocyste der Basidiomyceten, „Sporenständer“, der im

typischen Fall vier getrennt stehende Meiosporenstände nach außen abschnürt (Abb. 11-52)

- Hyphen septiert
- Gewebethallus
- Mycorrhiza („Pilzwurzeln“): Symbiose mit höheren Pflanzen, z.B. Birkenreizker: Pilz „lutscht Plasma aus Zellen“, um sich zu ernähren, Baum braucht dafür keine Wurzelhaare
- Plektenchym
- haploides Mycel mit Doliporen
 - bei Ascomyceten sind Tüpfel immer einfach Wanddurchbrechungen
 - bei Basidiomyceten sind Tüpfel zwar einfach, aber meistens von tonnenförmiger Gestalt (von lat. dolium, das Weinfass) und beiderseits von einem „Parenthosom“ bedeckt
- Fruchtkörperbildung (Abb. 11-51 B)
 - begegnen sich zwei Hyphen unterschiedlichen Paarungstyps (+ und –), so vereinigen sich die beiden haploiden Hyphen → Plasmogamie, jedoch ohne Karyogamie → Dikaryophase
 - die Dikaryophase erfolgt mit Schnallenbildung (analog zur Hakenbildung bei den Ascomyceten), dargestellt in Abb. 11-51A und Abb. 11-52
 - das Dikaryon kann noch sehr lange (mitunter Jahre) weiterwachsen, sich teilen etc. und entwickelt unter noch unbekannten äußeren Umständen unter Hyphenverflechtung Fruchtkörper (im Gegensatz zu den Ascomyceten besteht der Fruchtkörper ausschließlich aus dikaryotischen Hyphen); es ist in der Lage, mehrere Fruchtkörper zu bilden, da alle Voraussetzungen dafür schon gegeben sind (es sind schon alle geschlechtlichen Vorgänge abgeschlossen)
 - meist an der Unterseite des Fruchtkörpers ordnen sich keulenförmig angeschwollene Endzellen der dikaryotischen Hyphen zu palisadenartigen Hymenien, den jungen Basidien, an
 - die Karyogamie findet erst in dieser jungen Basidie statt
 - sofort danach setzt die Meiose ein, bei der der Kreuzungstyp (+ oder –) der Sporen festgelegt wird
 - vier haploide Meiosporen, die Basidiosporen, werden gebildet, indem aus der Basidie vier Sterigmen auswachsen, deren Enden sich zu einem Sporensäckchen verdicken; die Kerne wandern dann durch die Sterigmen in die Sporensäckchen ein und bildet eine Spore (Abb. 11-52); die Sporenwand verschmilzt sehr bald mit der Säckchenwand, so dass der Eindruck entsteht, es handle sich nicht um eine Doppelwand
 - Anmerkung: Folgendes hab ich im Strasburger gefunden, vielleicht hilft es euch, euch das zu merken: die aus den Sporen entstehenden haploiden Mycelien entsprechen dem Gametophyten, das aus der Plasmogamie hervorgehende Paarkernmycel kann als dikaryotischer Sporophyt aufgefasst werden

Rost- und Brandpilze:

- Rostpilze befallen Berberitzen
- Spermarien (Pyknozoiten): kleine, haploide Keimzellen der Rostpilze, die in besonderen Fruchtkörpern, den Pyknidien (Spermogonien) gebildet werden
- Aecidienanlage: Hyphenkomplexe, die in Basalzellen Geschlechtskerne zur Begründung eines Dikaryons aufnehmen
- Fortpflanzung auf zwei Arten:
 - Somatogamie
 - +- und --Hyphen fusionieren; funktioniert aber nur, wenn ein Berberitzenblatt von Mycelien unterschiedlichen Kreuzungstyps befallen ist
 - die Basalzellen der Aecidienanlage werden so dikaryotisch; wie es weiter geht, steht unten bei der anderen Fortpflanzungsmöglichkeit
 - in den Pyknidien werden kleine, einkernige Spermarien abgegliedert (Abb. 11-48 D); diese Spermarien können kein neues Berberitzenblatt infizieren, ihre Bestimmung ist es, ihren Kern auf Empfängishyphen zu übertragen

- Empfängishyphen sind Auszweigungen des haploiden Mycels, die über die Blattoberfläche herausragen; sie besitzen keine Querwände
 - die Spermarien wachsen zu einem kurzen Keimschlauch aus und verschmelzen mit Empfängishyphen des konträren Kreuzungstyps (also + mit – und umgekehrt); dies ist ohne weiteres möglich, wenn ein Blatt von zwei verschiedenen Mycelen befallen ist. Ist dies aber nicht der Fall, so können die Spermarien von Insekten übertragen werden, die den von den Pyknidien ausgeschiedenen Nektar sammeln
 - der Kern der Spermatie wandert durch die Empfängishyphe bis zur Aecidienanlage, in deren Basalzellen das Paarkernstadium begründet wird
 - die Basalzellen der Aecidienanlage ist nun dikaryotisch und wächst zu einer becherförmigen, die Blattunterseite durchbrechende, orange gefärbten (→ „Rostpilze“, so kann ich's mir auch merken, ist aber nicht der wahre Grund der Benennung; siehe weiter unten) Aecidie aus
 - in der Aecidie befinden sich zahlreiche Ketten mit dikaryotischen Aecidiosporen; die Kette ist so aufgebaut, dass sich eine echte Spore meist mit einer kleinen, später verschleimenden und verschwindenden Zwischenzelle abwechselt (Abb. 11-48 E)
 - die Sporen werden mit dem Wind verdriftet und parasitieren nun auf Getreide und Wildgräsern → **Wirtswechsel!**
 - in den Gräsern befindet sich nun ein interzelluläres, paarkerniges und schnallenloses Mycel, das dikaryotische Konidien bildet – diese dikaryotischen Konidien werden Uredosporen genannt; (sie sind rostfarben → Rostpilze)
 - die Ausbreitung des Pilzes geschieht im Sommer (durch „Sommersporen“) per Wind auf andere Gräser
 - gegen Herbst erzeugt das Paarkernmycel in den Gräsern (und Getreiden, doch da das bekanntlich kultivierte Gräser sind, schreib ich jetzt nur noch „Gräser“) eine andere Sporenform: zweizellige Teleutosporen (Abb. 11-49 A), in denen die Karyogamie stattfindet
 - die Teleutosporen halten Winterruhe (sie sind dickwandig und gegen Kälte & Trockenheit resistent)
 - im Frühjahr keimt jeder der beiden diploiden Zellen (= Probasidien) unter Meiose zu einer Basidie aus (Abb. 11-49 D), zwischen den vier haploiden neuen Zellen werden Querwände eingezogen und aus jeder der vier Zellen sprosst eine Basidiospore, in die der Kern eintritt
 - der Wind trägt die Sporen wieder auf die Berberitze
 - fünf verschiedene Sporen treten hier auf – zur etwas besseren Übersicht (ich glaub wirklich nicht, dass er sowas fragt ... ihr hoffentlich auch nicht?) siehe das Entwicklungsschema in Abb. 11-50
- noch was von mir: wie ich im Strasburger festgestellt habe, gehören unsere Speisepilze (Champignon, Steinpilz, Pfifferling etc.) zu den Basidiomyceten – falls er also eine „praxisorientierte“ Frage stellen möchte, könnten die Basidiomyceten also ein gutes Thema sein

Fungi imperfecti / Deuteromycetes

- ca. 20.000 Arten
- dies ist die Gruppe derer, bei denen man noch keine Hauptfruchtform, nur Nebenfruchtformen gefunden hat → da Pilze über die Entwicklung und Sexualorgane der Hauptfruchtform klassifiziert werden, sind in dieser „Gruppe“ alle Pilze, die man noch nicht systematisch einordnen kann oder so niemals können wird (falls der Pilz die Fähigkeit, die Hauptfruchtform zu bilden, verloren haben sollte)
- Parasiten bei Pflanzen, Tieren, Menschen → z.B. Fußpilz
- wir haben sie in der Vorlesung bei den Basidiomyceten besprochen, auch im „Food for thought“ werden sie darunter erwähnt, der Strasburger meint aber, dank DNA-Analysen etc. könne man

inzwischen einige ihren Gruppen zuordnen – es wären hauptsächlich Ascomycetes, nur wenige Basidiomycetes

4. Abteilung: Lichenes / Flechten

- Flechten sind Symbiosen zwischen einem Phycobiont (Cyanobakterium und / oder Grünalge) und einem Mycobiont (Ascomycet oder Basidiomycet)
- mögliche „Algen“: „Blualgen“, Grünalgen
- mögliche Pilze: Ascomycetes, Basidiomycetes
- Alge liefert Kohlenhydrate (Glukose oder Zuckeralkohole), Pilz liefert Wasser, Salze, Vitamine
- die Gestalt der Flechte hängt meist vom Bau des Pilzes, weniger von dem der Alge ab; man unterscheidet daher
 - Krustenflechten: wachsen auf der Oberfläche von Gestein, Erde oder Rinde und sind fest mit der Unterlage verbunden, durchsetzen sie sogar meist bis zu einem gewissen Grade und besitzen meist eine klar ausgeprägte Gestalt (Abb. 11-63 H)
 - Strauchflechten: sitzen mit sehr schmaler Basis der Unterlage auf und verzweigen sich strauchähnlich (Abb. 11-63 J)
 - Laubflechten: durch Hyphenstränge (Rhizinen) mit dem Substrat verbunden, flächig entwickelter, meist gelappter Thallus (Abb. 11-63 G)

Halbflechten

- Algen & Pilze noch (eingeschränkt) trennbar

Echte Flechten

- Krustenflechten
- Strauchflechten
- Laubflechten
- Bemerkung aus Vorlesung: Flechten sind sehr empfindlich gegen Luftverschmutzung

5. Abteilung: Archegoniatae (♀ Gametangium heißt Archegon)

- Hinweis: folgenden Text habe ich auf S. 699 im Strasburger zum Begriff „Archegoniaten“ gefunden: „Bei den Samenpflanzen sind die Antheridien und Archegonien sehr stark reduziert, sodass sie als solche kaum wieder zu erkennen sind. Samenpflanzen werden daher nicht mehr zu den Archegoniaten i.e.S. (= Moose und Farngewächse) gerechnet. Die Sammelbezeichnung Kormophyten (oder auch Cormobionta; im Gegensatz zu Protobionta mit einfacherer Organisation wie u.a. bei Algen und Pilzen) leitet sich vom Kormus, dem in Sprossachse, Blätter und Wurzeln gegliederten Vegetationskörper ab (Abb. 4-8) und umfasst die Moose mit ihren nicht derart gegliederten Sporophyten allenfalls insoweit, als auch diese von Telomen abgeleitet werden können.“ Achtung: Mehr gab's dazu nicht → alles, was jetzt dazu folgt, ist lediglich meiner (etwas spärlichen) Vorlesungsmitschrift entnommen!!!
- ganz charakteristisch an Landleben angepasst
- Cuticula (Auflagerung von Cutin) gegen Austrocknung
- Stomata = Spaltöffnungen zur „Belüftung“ / Luftversorgung
- Wasserversorgung durch „Wasserleitung“ wird benötigt
- Festigungsgewebe notwendig
- Plastiden fast alle linsenförmig, können in der Zelle dahin wandern, wo es die besten Lichtverhältnisse gibt
- ab jetzt bei allen Pflanzen gleich:
 - Chlorophyll a, b
 - Reservestoffe: Stärke und Öl
 - Zellwände aus Cellulose
- aus Strasburger:
 - Entwicklungsgang der Moose: Anisomorpher (heteromorpher) Generationswechsel, bei dem der grüne, photoautotrophe Gametophyt gegenüber dem Sporophyten gefördert ist

- Gametophyt: entweder ein wenig gegliederter, gelappter Thallus, der an der Unterseite Rhizoide trägt, jedoch bereits z.T. hohe Gewebedifferenzierung aufweist (thallose Moose), oder ein liegendes bis aufrechtes Stämmchen, das mit Blättchen und Rhizoiden ausgestattet ist (foliose Moose)
- die Blättchen sind meist einschichtig, mit Ausnahme der Mittelrippe
- in ihrem äußeren Bau erinnern die foliosen Moose bereits an Gefäßpflanzen, unterscheiden sich von diesen jedoch darin, dass der Gametophyt und nicht der Sporophyt die höhere morphologische und anatomische Differenzierung erfährt; außerdem fehlen meist Leitgewebe, die Rhizoide sind noch lange keine Wurzeln und die Cuticula ist so zart, dass Moose rasch austrocknen.
- Moose sind also Thallophyten, Farne Kormophyten
- die Moose lassen sich in Hepaticae (Lebermoose) und Musci (Laubmoose) unterteilen

Bryophyta / Moose

Lebermoose

Hepaticae / Lebermoose

- Thallus foliös, mehr oder weniger dichotom verzweigt (mich persönlich erinnert mich das in der Vorlesung gezeichnete Bild an eine bestimmte Braunalge ... breit, ab und zu dichotom verzweigt – vielleicht hilft euch das?), oder thallös – das scheinen wir aber nicht besprochen zu haben ... zumindest geben meine Unterlagen nichts dazu her. Ich hab trotzdem mal was über die thallösen Lebermoose mit aufgeschrieben.
- einzellige Rhizoide (glatte Rhizoide und „Zäpfchenrhizoide“, diese besitzen nach innen vorragende Wandverdickungen) befinden sich auf der Thallusunterseite
- Antheridien und Archegonien werden auf besonderen Trägern, den Gametangienständen, emporgehoben
- in den Zellen werden von einer Membran umgebene „Ölkörper“, Tropfenzusammenballungen von Terpenen, gespeichert – in dieser Form haben die NUR die Lebermoose!
- Abb. 11-110 G
 - 4 x 4 Zellen bilden den „Schornstein“ (oben, in der Mitte – eine Atemöffnung, eine Art Vorläufer der Spaltöffnungen), dessen Lappen noch nicht beweglich sind
 - unter der Epidermis liegen „Luftkammern“, die seitlich voneinander durch Wände getrennt sind
 - in den Luftkammern sind Assimilatoren (sehen aus, als würden sie dort wachsen wie kleine Kakteen), die Chloroplasten enthalten
 - zwischen den Parenchymzellen befinden sich z.T. Ölkörper
- vegetative Vermehrung mit Hilfe von Brutbechern auf der Oberseite des Thallus (Abb. 11-110 A), die einige Brutkörperchen enthalten, die auf Stielzellen festsitzen, sich ablösen und zu Thalli auswachsen
- sexuelle Vermehrung:
 - Gametangien werden von besonderen, aufrechten Thalluszweigen des Gametophyten getragen (Abb. 11-111 A)
 - Antheridien und Archegonien sind diözisch verteilt → es gibt männliche und weibliche Gametophyten
 - Antheridienstände schließen mit einem horizontalen, achtlappigen Schirm ab, in dessen Oberseite die Antheridien eingesenkt sind, jedes in einem Hohlraum (Abb. 11-111 C); Öffnung und Entleerung der Antheridien erfolgt nach Regen durch Verschleimung und Verquellung der Wandzellen → die Spermatozoiden sammeln sich auf den Wassertropfen, die der aufgegebene Rand festhält
 - Archegonienstände sehen zum Beginn ihrer Entwicklung fast genauso aus wie Antheridienstände, am Ende biegt sich der Rand des Schirms jedoch nach unten, so dass sich die Archegonien an der Unterseite des Schirms befinden; am Ende seiner Entwicklung ist der

Schirm des Archegonienstands neunlappig!

- die Befruchtung findet bei Regen statt, indem die Regentropfen das Spermatozoiden enthaltende Wasser auf die Archegonienstände spritzen
- die Zygote entwickelt sich zu einem kleinen, grünen (→ photosynthesisierend), gestielten (→ Seta) Sporogon, der am Gametophyten verbleibt (ohne ihn wäre er nicht lebensfähig) (Abb. 29.17)
- die Sporenkapsel wird auf einem (meist) lang auswachsenden, dem Sporophyten zuzurechnenden Stiel (Seta) über den Gametophyten hinweg gehoben, um die Verdriftung der Sporen durch den Wind zu verbessern
- die Sporenkapsel ist anfangs noch von der Wand des Archegoniums bedeckt, die aber bei der Streckung der Kapsel durchbrochen wird; jede radiale Archegonienreihe ist von einer „Gruppenhülle“, dem Involucrum, umgeben
- zwischen den Sporen liegen die Elateren, die sich nach der Öffnung der Kapsel (sie öffnet sich meist mit vier Klappen) hygroskopisch bewegen und so die Sporen auflockern und ausstreuen
- aus der Spore bildet sich zunächst ein chloroplastenhaltiger Keimfaden, das Protonema, der zum Thallus heranwächst

Laubmoose

Musci / Laubmoose

- 22.000 Arten weltweit
- viele Bilder im Strasburger, z.B. Abb. 11-115, 11-117, 11-119 (haben wir auch im Praktikum zeichnen müssen!), 11-123, 11-126
- der Thallus des Gametophyten ist in Stämmchen, Blättchen und Rhizoide gegliedert
- die Rhizoide sind durch Querwände untergliedert, also vielzellig, und verzweigt; sie befestigen den Gametophyten im Boden bzw. auf der Unterlage
- die Blättchen sind einschichtig, haben eine Mittelrippe und schraubig um das Stämmchen angeordnet; sie wachsen mit einer zweischneidigen Scheitelzelle
- Laubmoose besitzen keine Ölkörper
- Sporophyt parasitiert auf dem Gametophyten
- Sporophyt ist als Kapsel mit Columella auf meist langer Seta entwickelt und besitzt Spaltöffnungen
- Lebenszyklus:
 - Sporen keimen zum Protonema, ein sich reich verzweigender, positiv phototropher, grüner Faden
 - zunächst entwickeln sich chloroplastenreiche Fäden, deren Querwände senkrecht zur Fadenachse stehen – dieser Faden wird als Chloronema bezeichnet (chloroplastenreich → Chloronema)
 - das Chloronema geht allmählich in das chloroplastenärmere Caulonema über, das schräggestellte Querwände besitzt und dem Substrat anliegt
 - am Caulonema entwickeln sich – bei ausreichender Beleuchtung – die Moospflänzchen aus dreischneidigen Scheitelzellen
 - die Sexualorgane stehen in Gruppen an den Enden der Hauptachsen, manchmal auch von Seitenzweigen, umgeben von den obersten Blättchen als eine Art Hüllblättchen
 - Laubmoose können entweder zwittrig, monözisch oder diözisch sein
 - sexuelle Vermehrung:
 - Zygote entwickelt sich per zweischneidiger Scheitelzelle zum Embryo (Sporophyt)
 - die Bildung der Mooskapsel erfolgt über das Einziehen einer Trennwand in die beiden Zellen der zweischneidigen Scheitelzelle (Abb. 11-117) → radialer Aufbau, trennbar in innere (Endothecium) und äußere (Amphithecium) Zellen
 - die äußerste Schicht des Endotheciums wird zum Archespor, das zu Sporenmutterzellen wird, die unter Meiose in je vier haploide Sporen zerfallen

- die inneren Zellen des Endotheciums liefert steriles Gewebe, die Columella, die als Nährstoffzuleiter und Wasserspeicher für das sie umgebende Sporen bildende Gewebe dient
- die Embryotheca umgibt den Sporophyten (bzw. Embryo) zu Beginn noch; sie besteht aus Zellen des Archegoniums
- die Embryotheca kann nicht im gleichen Maße wie der Sporophyt wachsen → sie reißt irgendwann durch, der obere Teil verbleibt als Kalyptra, Haube, auf dem Sporophyten; sie fällt ab, wenn die Kapsel reif ist
- eine lange Seta hebt die Kapsel empor
- die Kapsel öffnet sich, indem die sie verschließenden „Zähne“ des Peristoms sich hygroskopisch öffnen (das „hygroskopisch“ hab ich aus meiner Erinnerung, Achtung!)
- weiter geht es wie oben – die Sporen keimen aus, werden zum Protonema, ...
- vegetative Vermehrung
 - die außerordentliche Regenerationsfähigkeit der Laubmoose erlaubt ihnen, aus abgebrochenen Stämmchen oder Blättchen direkt oder über den Umweg von Protonemen zu neuen Pflanzen auszuwachsen
- Bild zum Generationswechsel sehr gut im Campbell!!!

Sphagnales (Unterordnung der Laubmoose) / Torfmoose

- es gibt nur eine Familie (Sphagnaceae) mit nur einer Gattung (Sphagnum), die allerdings ca. 200 Arten umfasst
- wachsen an sumpfigen Orten
- bilden große Polster und Decken, die an der Oberfläche von Jahr zu Jahr weiterwachsen; die darunter liegenden Pflanzen sterben ab und bilden Torf

Kormophyta

Pteridophyta / Farne

Unterabteilung innerhalb der 5. Abteilung: Pteridophyta (s. l.³)

- echte Kormophyta
- heterophasischer Generationswechsel ($n / 2n / n / 2n / \dots$)
- heteromorpher Generationswechsel: Sporophyt dominiert, ist eine eigenständige, grüne Pflanze; der Gametophyt, bei Farnen Prothallium genannt, lebt meist nur wenige Wochen, erreicht im Durchmesser höchstens einige Zentimeter und gleicht in seinem Aussehen oft einem thallosen Lebermoos
- auf dem Prothallium entstehen in großer Zahl die Antheridien und Archegonien
- die Befruchtung ist, wie bei den Moosen, nur im Wasser, also bei Benetzung der Prothallien, möglich
- die drei Grundorgane (Spross, Blatt, Wurzel) wachsen mit Scheitelzellen heran
- der Spross ist reich beblättert
- die Wurzeln tragen eine Wurzelhaube
- die Blätter stimmen in ihrem anatomischen Bau im Wesentlichen mit denen der Spermatophyten überein
- die Epidermis ist von einer Cuticula bedeckt und enthält Spaltöffnungen
- Stämme und Blätter sind von Leitbündeln durchzogen, die zum ersten Mal in der Stammesgeschichte der Pflanzen als wasserleitende Elemente verholzte Tracheiden führen
- alle Zellwände in den Festigungsgeweben enthalten Lignin

3 s. l. = sensu lato = im weiteren Sinne

- die Stoffleitung erfolgt in langgestreckten Siebzellen
- die Sporangien tragenden Blätter heißen Sporophylle, sie sind häufiger von einfacherer Gestalt als die assimilierenden Blätter, die Trophophylle, und zu mehreren in besonderen Ständen vereinigt, die man Blüten nennen könnte
- die Sporangien umschließen das Archespor mit dem sporogonen Gewebe; seine Zellen runden sich ab, lösen sich voneinander und stellen die Sporenmutterzellen dar, die unter Meiose je vier haploide Meiosporen liefern
- das Tapetum ist ein Gewebe, dessen Zellen die Ernährung der Sporen sicherstellen und sich in mehreren Schichten an die Sporangienwand anschließt
- die Sporenwand gliedert sich in ein inneres Endospor und ein äußeres Exospor, das widerstandsfähig ist; auf dem Exospor ist das Perispor aufgelagert

Isoetes, Psilotum, Lycopodium, Selaginella

- Klasse Psilophytopsida (Urfarngewächse)
 - 1920: Kichston und Lang wanderten übers Hochmoor bei Rhynie (bei Aberdeen) und fanden in einem Hornstein eine Versteinerung
 - Abb. 11-130
 - Rhynia, in der Literatur jetzt die Ur-Landpflanze
 - Vorlesung: heute gibt es nur noch eine Ordnung, Psilotales, die nur noch eine Gattung enthält: Psilotum
 - Strasburger: Psilotum gehört zu den Gabelblattgewächsen, die zwar Ähnlichkeiten mit den Urfarngewächsen haben, aber zu den Schachtelhalmgewächsen gehören
- Klasse Lycopodiales (Bärlappgewächse)
 - krautige, immergrüne Gewächse mit dicht stehenden, mehr oder minder nadelförmigen Blättern
 - besprochen haben wir hier nur Lycopodium, den Bärlapp
 - der Spross ist gabelig verzweigt
 - die Blätter (Mikrophylle) besitzen eine unverzweigte Mittelrippe, sind klein und "pfriemlich"
 - der gabelteilige Spross wird durch Übergipfelung jeweils eines Triebes scheinbar monopodial
 - Spross kriecht über den Boden
 - die Sprossachsen tragen dichotom verzweigte Wurzeln auf ihrer Unterseite
 - die Wurzeln wachsen ebenfalls mit einer Gruppe von Initialzellen
 - die Blätter sind schraubig angeordnet
 - das Leitsystem des Sprosses besteht aus einer Plektostele mit Siebzellen im Phloem
 - die äußere Rinde besteht aus stark verholzten Sklerenchymzellen
 - die innerste Schicht der Rinde ist die Endodermis, eine ein- bis zweischichtige Zellschicht mit Lignin in den dünnen Zellwänden
 - ein Teil der Äste ist negativ gravitrop, sie tragen Sporophylle
 - die Sporophylle stehen oft oberhalb einer blattarmen Region zu dichten, ährenförmigen Sporophyllständen, sog. Blüten, vereinigt (Abb. 11-134 G)
 - bei der Bildung der Sporophyllstände wird der Sprossscheitel aufgebraucht, so dass der Sporophyllstand das Ende der Sprossachse darstellt
 - die Sporophylle sind breit und schuppenförmig (Abb. 11-134 H); sie tragen an der Basis ihrer Oberseite ein nierenförmiges, flaches Sporangium
 - das Sporangium enthält zahlreiche Meiosporen, die alle gleich groß sind (Isosporen, Abb. 11-134 J und K)
 - vom Rand der Sporophylle hängen hautartige Lappen herunter, genannt Indusium, die das benachbarte untere Sporangium schützen
 - die Sporangienwand besteht aus mehreren äußeren Zelllagen, an die sich innen ein Sekretionstapetum anschließt

- das Sporangium öffnet sich zweiklappig
 - die Sporen bleiben bis zu ihrer Reife in Tetraden verbunden
 - die Sporen keimen erst nach 6-7 Jahren
 - die Sporen können sich erst weiterentwickeln, wenn Pilzfäden nach Art der Mykorrhiza in die unteren Zellen eingetreten sind – brauchen diese Mykorrhizapilze also zur Ernährung
 - die Prothallien leben unterirdisch und benötigen eine lange Zeit, bis sie geschlechtsreif sind; sie sind monözisch
 - die Antheridien sind ins Gewebe eingesenkt und vielzellig
 - jede Antheridienzelle mit Ausnahme der Wandzellen entlässt ein ovales, unter seiner Spitze nur zwei Geißeln tragendes Spermatozoid
 - die Archegonien sind ebenfalls ins Gewebe eingesenkt und haben oft zahlreiche Halskanalzellen
 - beim Öffnen des Archegoniums werden die obersten Wandzellen abgestoßen
 - der Embryo hat einen Suspensor, der in ins Prothalliumgewebe hineindrückt; dort entwickelt er ein Haustorium, das Nährstoffe aus dem Prothallium aufsaugt, und sein erstes Blatt
 - die erste Wurzel ist sprossbürtig
- Selaginellales (Moosfarne)
- krautige Gewächse, die Moosen ähneln, aber echte Farne und damit Kormophyten sind (s. Abb. 11-136)
 - bei uns sehr wenige Arten, in den Tropen sehr viele
 - teils niederliegende, teils aufrechte Sprosse, reich verzweigt
 - die Sprossachse ist mit kleinen, schuppenartigen Blättern besetzt: mit zwei Reihen kleiner sog. Oberblätter und zwei Reihen diesen gegenüberstehenden größeren Oberblättern (Häder sprach von Mikro- und Makrophyllen)
 - die endständigen Sporophyllstände tragen nur kleine Blätter (Sporophylle), in deren Achseln je ein Sporangium entspringt
 - die Selaginellales sind diözisch, doch jedes Sporangium beherbergt entweder Mikro- oder Megasporen (da aber viele Sporangien pro Pflanze vorkommen, trägt die Pflanze selbst beide Arten von Sporen)
 - in den Megasporangien gehen alle angelegten Sporenmutterzellen bis auf eine zugrunde
 - die übrige Sporenmutterzelle liefert unter Reduktionsteilung die vier großen, mit buckeliger Wand versehenen Megasporen (Abb. 11-137)
 - in den Mikrosporangien entstehen – ebenfalls unter Reduktionsteilung – zahlreiche kleine Mikrosporen
 - das männliche, fast nur aus Antheridium bestehende Prothallium bildet sich in der Spore und verlässt diese nicht mehr; es bildet Spermatozoiden, die die Mikrosporenwand durchbrechen
 - das nicht ganz so stark reduzierte weibliche Prothallium bildet sich in der Megaspore, es legt einige wenige Archegonien an
- Isoetes (Brachsenkraut)
- renzent nur noch zwei Gattungen
 - ausdauernde Kräuter
 - leben teils untergetaucht, teils auf feuchtem Boden
 - knollige, gestauchte Achse
 - können sehr alt werden

Equisetum, Telomtheorie

Ordnung: Equisetales / Calamophyta

Gattung: Equisetum

- aus Vorlesung: frühere Formen → Endung -ites, z.B. Equisetites (bildeten früher große Wälder)

- (10 – 20 m hoch), heutige Steinkohlefelder)
- nur noch 32 rezente Arten
 - Kräuter → nicht verholzt
 - Abb. 11-141
 - Habitus
 - kriechender Erdspross (Rhizom), ausdauernd, oft in beträchtlicher Tiefe
 - Rhizom gegliedert in Nodien (Knoten) und Internodien (Bereiche zwischen den Knoten)
 - Wachstumszonen (Nodien) durch an ihrer Basis miteinander verwachsene Mikrophylle geschützt; diese sind wirtelig angeordnet und mit einem Leitbündel versehen
 - Sprosse braun (→ Strobilus, Blüte, Sporophylle)
 - Frühjahr: Wuchs von „Luftsprossen“ oder „Halmen“ nach oben; sie sind meist einjährig und haben eine dreischneidige Scheitelzelle; sie bleiben einfach oder verzweigen sich in wirtelige Äste; auch diese Sprosse sind gegliedert und haben durch Mikrophylle geschützte Nodien
 - die Sprosse sind an ihrer Basis, wo sie interkalar wachsen, von den Mikrophyllscheiden umhüllt
 - die Mikrophylle verlieren bald ihre grüne Farbe; die Halme übernehmen die Assimilation
 - die Leitbündel sind sehr xylemarm; die ältesten Xylemteile schwinden bald und machen Interzellulargängen Platz, die im Sprossquerschnitt als sog. Cardinalhöhlen erscheinen
 - auch im Mark entsteht ein luftgefüllter Zentralkanal (ein Interzellularraum)
 - Fortpflanzungsorgane
 - Sporophylle sind von Trophophyllen deutlich verschieden
 - Sporophylle sehen aus wie zentral gestielte Schildchen, an deren Unterseite 5 – 10 sackförmige Sporangien hängen (Abb. 11-141 F, G), und sind zu zapfenförmigen, endständigen Ähren (= „Blüten“) vereinigt; diese entstehen durch extreme Internodienverkürzung am Ende der Halme → Sporangien sitzen bei den Schachtelhalmgewächsen NICHT in den Achseln von Blättern!
 - Sporangien besitzen ein Plasmodialtapetum (Gegenteil: Sekretionstapetum); das Periplasmodialtapetum bildet unter Wandauflösung der Zellen ein Periplasmodial, das zwischen die Sporen wandert und für den Aufbau der Sporenwand aufgebraucht wird
 - Sporangien eusporangiat = Sporangienwand aus mehreren Schichten, dick; Gegenteil: leptosporangiat
 - das geöffnete Sporangium entlässt zahlreiche grüne Sporen (Isosporen) mit eigenartiger Wand: der eigentlichen Sporenwand wurde vom Periplasmodium ein mehrschichtiges Perispor aufgelagert, dessen äußerste Schicht aus zwei schmalen, parallel laufenden, im feuchten Zustand schraubig um die Spore gewickelten Bändern, den sog. Hapteren, besteht; beim Austrocknen der Sporen wickeln sie sich ab, bleiben jedoch an einer Stelle miteinander und mit der Spore verbunden; diese hygroskopische Bewegung ist reversibel; sie dient dazu, die Sporen miteinander zu verketten, so dass die Wahrscheinlichkeit, dass eine weibliche in der Nähe einer männlichen Spore keimt, erhöht wird
 - Blätter: 2-schneidige Scheitelzelle
 - Spross: 3-schneidige Scheitelzelle (tetraederförmig, liegt mit einer Seite auf dem Meristem; die drei anderen Seiten gliedern immer im gleichen Umlaufsinn sukzessiv Zellen ab; die entstehenden Segmente werden durch weitere, zunächst sehr regelmäßige Teilungsschritte zerlegt; vgl. Abb. 3-2)
 - Wurzel: 4-schneidige Scheitelzelle
 - vegetative Vermehrung durch knollenartige Seitenzweige des Rhizoms
 - sexuelle Vermehrung durch oben beschriebene Sporen
 - die Sporen keimen zu Prothallien aus (thallos, stark gelappt), das männliche Prothallium bildet Spermatozoiden aus

Unterschiedlicher Generationswechsel bei Moosen und Farnen

Telomtheorie

- die für die Kormophyten typischen Organe (Spross, Blatt, Wurzel) sind wahrscheinlich aus blattlosen Gabeltrieben, den sogenannten Telomen, durch fünf grundlegende Vorgänge entstanden (Abb. 11-129):
 - Übergipfelung: aus gleichwertigen Telomen entwickelte eine Differenzierung und Arbeitsteilung zwischen tragenden Hauptachsen und seitlichen Nebenachsen; der übergipfelnde Haupttrieb erhält einen größeren Wachstumsimpuls, die Nebenachsen können mehr und mehr die Aufgabe der Assimilation wahrnehmen
 - Planation: die Achsen der Seitentriebe richten sich in einer Ebene aus
 - Verwachsung: die in eine Ebene gerückten Telome werden zu flachen, blattartigen Anhangsorganen umgestaltet; so haben sich vermutlich die größeren, vielfach gegliederten, zunächst mit dichotom verzweigten Adern versehenen Blätter (Makro- oder Megaphylle) entwickelt
 - Reduktion: Entstehung kleiner, mehr oder minder nadelförmige, einadriger Blätter (Mikrophylle); es ist jedoch umstritten, ob es sich dabei nicht um Auswüchse der Achse handelt, die nicht von Telomen abgeleitet werden können
 - Einkrümmung: dies kann man z.B. bei den Sporangien tragenden Achsen der Schachtelhalmgewächse verfolgen

Eu-, Leptosporangiatae, Hydropterides

5. Klasse: Pteridopsida / Farne

- Wedel sind Makrophylle
- Sporangien sitzen an der Blattseite oder (bevorzugt) an der Blattunterseite, häufig in Gruppen (Sori)
- Wedelspitze zum Schutz der Sporen in der Jugend eingerollt → acropetales (laut meiner Mitschrift) / akroplastes (laut Strasburger) Wachstum (die Spitzenregion der Blätter wächst noch weiter, während die Zellen an der Blattbasis bereits ausdifferenziert sind)
- der Stamm ist meist nicht oder nur spärlich verzweigt
- die vermutliche Entwicklung der Sporophylle ist in Abb. 11-145 dargestellt
- heute noch drei rezente Farngruppen: Eusporangiatae, Leptosporangiatae und Hydropterides

1. Unterklasse: Eusporangiatae / Ophioglossidae

- bis zu n = 630
- Abb. 11-147
- Abb. 11-148

2. Unterklasse: Leptosporangiatae

- ca. 9.000 Arten, viele tropisch

Hydropterides /Salviniidae / Wasserfarne

- laut Häder eine „Lumpensammlergruppe“, in die alles rein kommt, von dem man es vermutet, laut Strasburger eine Entwicklungsstufe der Farne
- wasser- oder sumpfbewohnende Kräuter
- heterospor
- Mega- und Mikrosporangien von besonderen, an der Basis der Blätter sitzenden Behältern eingeschlossen

- aus dem Plasmodialttapetum gehen eigenartige Perisporien hervor, die die Meiosporen umgeben
- haben Sporocarp (ähnlich den Samenanlagen höherer Pflanzen)
- es gibt zwei Ordnungen:
 - Salviniiales
 - nur eine Familie (Salviniaceae)
 - freischwimmende Wasserpflanzen, bei uns z.B. der selten gewordene Schwimmfarn
 - Abb. 11-158 A: zwei obere, grüne Schwimmblätter mit vielen Interzellularen, das untere Blatt ist stark geteilt und übernimmt die Funktion der nicht vorhandenen Wurzeln
 - die Fortpflanzung lasse ich jetzt weg – wer etwas darüber erfahren möchte, kann auf S. 743 ff nachlesen
 - Abb. 11-159 G haben wir in der Vorlesung mitgezeichnet
 - Marsileales
 - Gattungen, die sumpfigen Boden bewohnen
 - bei uns bis vor kurzem noch durch Marsilea quadrifolia, den Kleeblattfarn, vertreten (in der Vorlesung extra erwähnt!)
 - kriechende, verzweigte Achse, die einzelne, langgestielte Blätter trägt, deren Spreite sich aus zwei sehr nahe beieinander stehenden Fiederblattpaaren zusammensetzt → sehen aus wie vierblättriges Kleeblatt
 - an der Achse sind „vernünftige“ Wurzeln
 - man kann nur bei Marsilea Schlafbewegungen beobachten

Gymnospermen / Nacktsamer

- drei Schlüsselanpassungen an das Landleben prägen die Evolution der Samenpflanzen:
 - zunehmende Dominanz der Sporophytengeneration
 - der Samen als widerstandsfähiges und leicht zu verbreitendes Stadium im Entwicklungszyklus
 - flugfähige Pollen, um die Gameten zu vereinigen, ohne auf Wasser angewiesen zu sein
- bekannteste Vertreter der Gymnospermen sind die Koniferen (Nadelbäume), Zapfen tragende Pflanzen
- der Begriff „Nacktsamer“ kommt daher, dass die Gymnospermen keine geschlossene Kammern (Fruchtknoten sind solche Kammern) besitzen, in denen sich Samenanlage und Samen entwickeln
- Samenanlage und Samen entwickeln sich auf spezialisierten Blättern, den Sporophyllen
- Gymnospermen lassen sich fossil viel früher nachweisen als Angiospermen
- heute wird in vier Gymnospermenklassen unterschieden:
 - Ginkgopsida / Ginkgogewächse, einzige rezente Art: Ginkgo biloba
 - Cycadopsida / Palmfarne, erinnern an Palmen, sind jedoch Gymnospermen
 - Gnetopsida / Gnetumgewächse, drei sich stark unterscheidende Gattungen:
 - Welwitschia
 - Gnetum
 - Ephedra
 - Coniferopsida / Koniferen – größte Klasse der Gymnospermen
- Gymnospermen sind – wie alle Samenpflanzen – heterospor

Generationswechsel

- Beispiel Kiefer
 - der Kieferbaum ist ein Sporophyt, dessen Sporangien sich in den Zapfen befinden
 - männliche und weibliche Gametophyten entwickeln sich aus verschiedenen Sporentypen (heterospor) in eigenen Zapfen

- jeder Baum trägt beide Zapfen → er ist diözisch
- männliche Zapfen bilden Mikrosporen (Pollen); die Pollenkörner sind der unreife männliche Gametophyt
- durch den Wind gelangen die Pollen zu den weiblichen Zapfen und treten durch die Mikropyle, eine Öffnung in der Samenanlage, in die Samenanlage ein
- das Pollenkorn reift und bildet einen Pollenschlauch, mit dem es auf die Megaspore zuwächst
- die Befruchtung findet i.d.R. ca. ein Jahr nach der Bestäubung statt – in dieser Zeit reift die Megaspore, indem sich die Megasporenmutterzelle durch Meiose in vier Zellen teilt, wovon nur eine überlebt und zur Megaspore wird, die dann den weiblichen Gametophyten bildet
- im Gametophyten bilden sich zwei oder drei Archegonien, von denen jedes eine Eizelle enthält
- in dieser Zeit haben sich im Pollenkorn zwei Spermazellen entwickelt
- der Kern der Spermazellen wandert durch den Pollenschlauch und vereinigt sich mit dem Kern der Eizelle
- auch wenn alle Eizellen befruchtet werden, bildet sich gewöhnlich nur ein Embryo in der Samenanlage
- der Embryo ist der neue Sporophyt, der vom Gametophyten umschlossen und ernährt wird
- die Samenanlage entwickelt sich zu einem Samen, der aus dem Embryo (der neue Sporophyt), der Nahrungsreserve (bereitgestellt vom Gametophyten) und einer Samenschale (aus Integumenten des „alten“ Sporophyten) besteht → man beachte, dass in einem Gymnospermensamen drei Pflanzengenerationen vertreten sind, nämlich eine Gametophyten- und zwei Sporophytengenerationen

Angiospermen / Bedecksamer

- bekannter unter dem Namen „Blütenpflanzen“ → bilden Blüten und Früchte
- artenreichste und geographisch am weitesten verbreitete Gruppe der Pflanzen
- mögliche Gründe für den Erfolg der Angiospermen:
 - Verbesserung der Leitgewebe, besonders des Xylems: neben Tracheiden besitzen Angiospermen auch Holzfasern im Xylem sowie Tracheen
 - durch Blüten werden die meisten Angiospermen von Insekten bestäubt → sind nicht mehr vom Wind abhängig
 - durch die Frucht, die von vielen Tieren gefressen oder anderweitig verschleppt wird (Klette), wird die Verbreitung der Samen gefördert
- nur eine Klasse: Magnoliopsida
- Campbell: bis in die späten 90er Jahre unterteilte man die Angiospermen in Monocotyledonen und Dicotyledonen, heute weiß man, dass zwar die Monocotyledonen tatsächlich eine monophyletische Gruppe darstellen, die Dicotyledonen jedoch so nicht existieren; die Eudicotyledonen schließt die meisten bisher als Dicotyledonen bekannten Angiospermen ein, jedoch nicht alle. Ich werde im weiteren Text die Unterteilung in Mono- und Dicotyledonen beibehalten, da wir es in der Vorlesung so gemacht haben. Unterschiede zwischen Mono- und Dicotyledonen siehe Abb. 35.1
- der Entwicklungszyklus der Angiospermen ist eine stark abgeleitete Version des bei allen Pflanzen vorhandenen Generationswechsels: die Gametophytengeneration ist maximal reduziert
- Herkunft der Bezeichnung Mono- und Dicotyledonen: Der junge Embryo der Samenpflanzen besitzt eine Keimwurzel (Radicula) und ein Achsenstück, das ein oder zwei (mono- oder di-) Keimblätter (Kotyledonen) trägt
- Aufbau der Samenpflanzen: vgl. Abb. 4-8

Wurzel

- Aufgaben der Wurzel:
 - Verankerung der Pflanze im Boden
 - Absorption von Mineralstoffen und Wasser
 - Speicherung von Nahrungsreserven
- Monocotyledonen haben in der Regel ein Büschelwurzelsystem
 - verankert sehr gut in der obersten Bodenschicht → ausgezeichnet geeignet, um Erosion zu verhindern → Flachwurzler
 - größere Absorptionsfläche für Bodenwasser und Mineralstoffe
- Dicotyledonen haben in der Regel ein Pfahlwurzelsystem
 - verankert sehr gut tief im Boden → Tiefwurzler
 - reicht bis in tiefere Bodenschichten und erschließt so den Zugang zu tiefer liegendem Wasser
 - dient der Speicherung von Nährstoffen; diese Reserven werden bei der Blüten- und Fruchtbildung verbraucht → man erntet solches Gemüse (z.B. Karotten) vor der Blütezeit
- die Aufnahme von Wasser und Mineralstoffen erfolgt hauptsächlich im Bereich der Wurzelspitzen, da dort Wurzelhaare die Oberfläche vergrößern
- Wurzelhaare sind Verlängerungen individueller Zellen der Wurzelepidermis (Rhizodermis), die nicht cutinisiert ist
- Seitenwurzeln sind vielzellig → nicht verwechseln! Wurzelhaare aus einer Zelle, Seitenwurzeln aus mehreren
- Wurzelhaare leben nur 3 – 9 Tage, die Wurzelhaarzone wachsender Wurzeln wird nur 1 – 2 cm lang; dennoch ist die Oberflächenvergrößerung durch Wurzelhaare enorm
- die bisher beschriebenen Wurzeln entspringen an der Sprossbasis – es gibt bei einigen Pflanzen auch Wurzeln, die oberirdisch an Stängeln oder sogar Blättern entspringen; man nennt sie Adventivwurzeln von adventicius = außergewöhnlich; man nennt sie auch sprossbürtige Wurzeln; sie haben vielfältige Aufgaben, z.B. beim Mais dienen sie als Streben, die hohe Stängel stützen
- es gibt zwei verschiedene Arten von Wurzelsystemen:
 - heterogene / allorhize Wurzelsysteme: die Keimwurzel (Radicula) wächst zur Haupt- oder Primärwurzel heran und bildet eine vertikal in den Boden vordringende Pfahlwurzel, die Sekundärwurzeln, Seitenwurzeln 1. Ordnung, trägt, die schräg oder horizontal von der Hauptwurzel fortwachsen und sich weiter verzweigen (Seitenwurzeln 2., 3. Ordnung usw.); spätestens die Seitenwurzeln höherer Ordnung wachsen ohne Beziehung zur Schwerkraft in alle Richtungen; ein solches System ist also hierarchisch aufgebaut, man spricht von einem allorhizen System bzw. von heterogener Radication
 - homogene Wurzelsysteme (primäre Homorrhizie): ganz oder überwiegend aus gleichrangigen und ähnlich gestalteten, nicht oder nur mäßig verzweigten Wurzeln aufgebaut → homogene Radication; Farne haben solche Wurzeln: als Sporenpflanzen bilden sie keine Samen, folglich gibt es keine Radicula → alle Wurzeln sind grundsätzlich sprossbürtig
- bei Samenpflanzen gibt es keine primäre Homorrhizie, wohl aber sekundäre Homorrhizie:
 - bei den Monocotyledonen wachsen aus den unteren Sprossknoten zahlreiche gleichrangige Wurzeln aus und unterstützen das schwach entwickelte primäre Wurzelsystem, das Erstarkungswachstum bzw. primäres Dickenwachstum der Achse nicht mitmacht (s. Abb. 11-220, beim Kapitel „Stelärtheorie“ weiter unten); diese Wurzeln haben oft auch Stützfunktion und entstehen im Zuge einer Regenerationsleistung, sind also Adventivwurzeln
 - bei Dicotyledonen gibt es auch sprossbürtige Wurzeln, z.B. als Ausläufer und bei allen Rhizompflanzen

Vegetationspunkt und primärer Bau der Wurzel

- in Abb. 4-77 ist der typische Querschnitt durch eine Wurzel im primären Zustand dargestellt

- Rhizodermis: zartes Gewebe
- Hypodermis: derber als Rhizodermis, längerlebig und oft schwach verkorkt, in ihren Zellen gibt es oft Casparystreifen, wodurch sie zur Exodermis wird
- Rindenparenchym: wird von der Hypodermis bzw. Exodermis umgeben und von der Endodermis nach innen hin begrenzt
- die Endodermis umkleidet als morphologische und physiologische Scheide den Zentralzylinder
- im Zentralzylinder (Abb. 4-78) sind die Festigungs- und Leitelemente der Wurzeln zusammengefasst
- die zentrale Lage der Festigungs- und Leitelemente der Wurzel in einer weniger festen Hülle gewährleistet Biegsamkeit bei hoher Zugfestigkeit (Kabelbauweise) → Verankerungsfunktion der Wurzeln
 - äußerste Zellschicht des Zentralzylinders ist der Perizykel: zartwandige, plasmareiche Zellen, über lange Zeit teilungsfähig; aus diesem Grund wird diese interzellularenfreie Zellschicht auch als Perikambium bezeichnet
 - die Mitte des Zentralzylinders ist von Xylem besetzt, das sich in radiär angeordneten Leisten bis zum Perikambium hin zieht; je nach Anzahl der Leisten (Xylempole) unterscheidet man 2-, 3-, vielstrahlige Zentralzylinder (bei Dikotyledonen und Farnen überwiegen 2- bis 4-strahlige Zentralzylinder, bei Monocotyledonen überwiegen polyarche Zentralzylinder = Zentralzylinder mit vielen Xylemsträngen)
 - zwischen den Xylemstrahlen liegt Phloem
 - Parenchymlagen, die beiderseits der Xylempole bis ans Perikambium reichen, trennen Xylem von Phloem
- Längsgliederung der Wurzel
 - keine Blätter → keine Unterteilung in Nodien und Internodien
 - der Vegetationspunkt liegt subapikal (unter der Spitze), da er von der Wurzelhaube (Kalyptra) bedeckt und damit nicht ganz vorne ist
 - in der Wurzelspitze befindet sich ein sog. ruhendes Zentrum, in dem keine Zellteilungen stattfinden
 - hinter dem ruhenden Zentrum liegt eine Zone vermehrter Zellteilungen
 - nach der Zone der vermehrten Zellteilung folgt eine Zone der Zellstreckung (Streckungszone 3 – 10 mm lang); auch in der Streckungszone finden noch viele Zellteilungen statt
 - hinter der Zellstreckungszone befindet sich die Wurzelhaarzone; mit der Wurzelhaarzone ist der primäre Endzustand erreicht, das Längenwachstum ist damit abgeschlossen, sonst würden ja beim weiteren Längenwachstum die Wurzelhaare wieder abgerissen werden → Wurzeln wachsen nur an ihren äußersten Enden
 - nach der Wurzelhaarzone kommt der Bereich der Seitenwurzelbildung, die Verzweigungszone
- Seitenwurzeln
 - entstehen endogen = im Inneren des Wurzelkörpers, genau gesagt an der Grenze zwischen Zentralzylinder und Rinde (s. Abb. 4-79)
 - Zellen des Perikambiums werden reembryonalisiert und bilden durch Teilung einen neuen Wurzelvegetationspunkt (echte Neubildung von Vegetationspunkten); dies geschieht immer erst hinter der Wurzelhaarzone
 - durch die endogene Bildung hat das Leitgewebe der Seitenwurzeln frühzeitig Anschluss an das Leitgewebe des Mutterorgans, dessen Rindengewebe jedoch beim Auswachsen durchbrochen werden muss (an ihrer Austrittsstelle sind Seitenwurzeln oft vom vorgestülpten Rand der durchbrochenen Rinde wie von einem Kragen umgeben)
 - Seitenwurzeln stehen an Primärwurzeln oft in Rhizostichen, Längsreihen (Abb. 4-80), aus deren Zahl oft schon auf die Zähligkeit des Zentralzylinders geschlossen werden kann

Sekundäres Dickenwachstum der Wurzel

- bei ausdauernden Holzgewächsen machen die Hauptwurzeln ein ähnliches sekundäres Dickenwachstum durch wie die Stämme
 - durch Reembryonalisierung bildet sich zwischen Xylem und Phloem ein geschlossener Cambiumring aus, der nach innen Holzgewebe liefert → das zunächst sternförmige Cambium wird rund (Abb. 4-81 A → B)
 - das Pericambium, ursprünglich nur eine Zellschicht dick, wird mehrschichtig, an der Cambiumbildung beteiligen sich jedoch nur die innersten Zellschichten
 - über den Xylempolen werden die ersten Holzstrahlen angelegt (Abb. 4-81 C); echte Markstrahlen gibt es in der Wurzel nicht
 - die zarte Rhizodermis stirbt meist schon vor Einsetzen des Dickenwachstums ab und wird durch die nun außen liegende Hypodermis ersetzt
 - weder die Hypodermis noch die Wurzelrinde machen das sekundäre Dickenwachstum mit → sie reißen auf und platzen nach dem Absterben ihrer Zellen ab; zuletzt reißt sogar die Endodermis → die Borkenbildung bei Wurzeln erfolgt nicht, wie bei der Sprossachse, durch Peridermbildung im Rindengewebe, sondern vom Pericambium aus, das auch nach dem sekundären Dickenwachstum als geschlossener Gewebering erhalten bleibt
- Holz und Bast der Wurzel sind ähnlich gebaut wie bei der Sprossachse; dies gilt auch für die Holzstrahlen → der Querschnitt einer seit mehreren Jahren in die Dicke wachsenden Wurzel unterscheidet sich kaum von einem entsprechenden Stammabschnitt, nur im Zentrum, wo der Primärzustand konserviert ist, bleiben die anatomischen Differenzen deutlich

Sprossachse

- auch Stängel genannt
- sie wird unterteilt in Nodien (Knoten) und Internodien (Raum zwischen den Nodien); als Wiederholungseinheit fungiert das Achsenglied oder Phytomer = Knoten mit Blatt + Internodien
- an den Nodien setzen die Blätter an
- die typische Sprossachse ist unifacial (mit ringsum ähnlicher Oberfläche), im Querschnitt radiärsymmetrisch und durch endständige Scheitelzellen bzw. Vegetationspunkte zu theoretisch unbegrenztem Längenwachstum fähig
- man unterscheidet bei der Sprossachse einen primären und einen sekundären Zustand:
 - primäre Sprossachse
 - Querschnitt s. Abb. 4-41
 - von innen nach außen lassen sich bei Dikotyledonen folgende Gewebe erkennen:
 - Mark(parenchym): Speichergewebe oder abgestorben, die Zellen sind dann gasgefüllt (z.B. Sonnenblume, Holunder); in anderen Fällen entsteht durch Gewebeerreißung oder -auflösung eine Markhöhle, der Stängel ist dann hohl; die Markhöhle wird jedoch noch von Mark begrenzt
 - Leitgewebe: im Mark eingebettet liegen die offen-kolateralen Leitbündel (Xylem innen, Phloem außen), die durch parenchymatische Markstrahlen (das Cambium) voneinander getrennt sind (das Cambium liegt zwischen Xylem und Phloem; interfazikuläres Parenchym); die Siebteile sind nach außen hin oft von dicht gepackten Bastfasern umstellt
 - der Leitbündelkranz ist oft von einer Gewebescheide umgeben, der Sprossendodermis; die Zellen dieses einschichtigen Gewebes schließen lückenlos aneinander und enthalten oft viele Amyloplasten; bei manchen Pflanzen lassen sich Casparystreifen in den antiklinen Zellwänden der Sprossendodermen nachweisen, bei anderen ist die Sprossendodermis jedoch schwer erkennbar
 - die Rinde folgt nach den Leitbündeln, das Rindenparenchym ist das Füllgewebe zwischen Leitbündelkranz und Epidermis, es handelt sich dabei häufig um ein

Chlorenchym; die peripheren Partien der primären Rinde sind oft als Kollenchym ausgebildet

- die Epidermis mit der ihr aufgelagerten Cuticula bildet den Abschluss nach außen; sie enthält fast immer Idioblasten (Zellen, die sich von den sie umgebenden Zellen unterscheiden und einzeln oder in kleinen Gruppen auftreten), Spaltöffnungen und Trichome (Haarbildungen; oft mit Drüsencharakter)
- primäre Rinde und Epidermis bilden die Rinde, den Cortex
- bei Monocotyledonen sind die geschlossen-kollateralen Leitbündel nicht ringförmig angeordnet, sondern über den gesamten Sprossquerschnitt verteilt → weder Mark noch Cortex sind als abgrenzbare Gewebebereiche erkennbar (s. Abb. 4-42)
- die Leitbündel von Achsen und Wurzeln einer Pflanze bilden im primären Zustand anatomisch und funktionell ein zusammenhängendes System, das als Stele bezeichnet wird
- sekundäre Sprossachse:
 - die sekundäre Sprossachse zeichnet sich durch sekundäres Dickenwachstum (s. u.) aus, durch Holz (sekundäres Xylem) und Bast (sekundäres Phloem) – all das wird weiter unten besprochen

Leitbündelbau und Anordnung

- das Leitgewebe besteht aus Leitbündeln, in denen zwei unterschiedliche Gewebe vorkommen:
 - im Siebteil, dem Phloem, dienen lebende, kernlose Zellen mit dünnen Wänden der Fernleitung organischer Verbindungen
 - im Holzteil, dem Xylem, strömt Wasser mit anorganischen Nährionen von den Absorptionszonen der Wurzeln durch abgestorbene, leere Röhrenzellen bzw. Zellröhren mit derben, verholzten Wänden in die Blätter, wo das Wasser durch Transpiration oder Guttation wieder abgegeben wird
- das Phloem (Abb. 3-22 und 3-23)
 - Siebzellen: evolutiv ursprünglich und in ihrer Transportleistung begrenzt effizient, englumig, schließen über spitzwinklig-schrägstehende Wände an die jeweils nächsten Siebzellen der Zellreihe an; die Wände sind durch vergrößerte Plasmodesmen durchbrochen, hier als Siebporen bezeichnet; sie sind gruppenweise zu Siebfeldern vereinigt
 - Siebröhrenglieder: bei vielen Angiospermen ist das primitive Leitungssystem durch Siebzellen fortentwickelt zu einem kontinuierlichen Siebröhrensystem aus langgestreckten Zellen mit größerem Durchmesser und siebartig durchbrochenen Schräg- oder Querwänden, den Siebröhrengliedern; bei den höchstentwickelten Formen des Phloems (bei Schling- und Kletterpflanzen) entsprechen die querstehenden Endwände einer einzigen Siebplatte mit besonders großen Siebporen
 - Siebzellen und Siebröhrenglieder enthalten lebende Protoplasten, denen jedoch Zellkern, Tonoplast, Dictyosomen und Ribosomen fehlen; sie enthalten wenige Mitochondrien und stärke- bzw. proteinspeichernde Plastiden; Cytoplasma und Zellsaft sind vermischt; das ER wandelt sich zu einem sog. Siebelement-Reticulum um
 - eine sehr charakteristische Komponente reifer Siebelemente sind Filamente oder Tubuli aus P-Protein (Phloem-Protein)
 - die Siebelemente sind, da sie zart und kernlos sind, kurzlebig, meist kollabieren sie am Ende einer Vegetationsperiode und werden bei mehrjährigen Pflanzen durch neue ersetzt; bei ausdauernden Monocotyledonen wie Palmen können sie jedoch auch Jahre überleben
 - bei Stilllegung werden Siebporen wie Plasmodesmen durch Callose verschlossen
 - bei Angiospermen ist jedes Siebröhrenglied von einer (selten mehreren) kleineren, kernhaltigen und mitochondrienreichen Geleitzelle flankiert, die mit dem Siebröhrenglied über zahlreiche Plasmodesmen verbunden sind und den Stoffwechsel der kernlosen Zellen unterstützen; zweite Funktion der Geleitzellen ist die kontrollierte Be- und Entladung der Siebröhren (leider hab ich dazu nicht mehr gefunden, aber ich schätze, das ist auch nicht so wichtig)

- bei Angiospermen entsteht der Siebröhrenglied/Geleitzellen-Komplex aus einer Mutterzelle durch inäquate Teilung
- das Xylem
 - der Transpirationsstrom (Wasserstrom) bewegt sich durch Röhrenzellen, deren Protoplasten mit Erreichen der Funktionstüchtigkeit absterben und durch Autolyse (Selbstauflösung) verschwinden → es handelt sich um einen Fall von Apoptose, dem programmierten Zelltod
 - die verholzten, von Hoftüpfeln durchbrochenen Zellwände bleiben übrig
 - es gibt zwei Formen wasserleitender „trachealer“ Elemente:
 - Tracheiden: langgestreckte, englumige Einzelzellen mit spitzwinklig-schrägstehenden, reich getüpfelten Endwänden, über die sie mit den in Längsrichtung benachbarten Tracheiden verbunden sind; der Strömungswiderstand ist relativ hoch
 - Tracheen-Glieder: weitleumige, kürzere Zellen, bei denen die Endwände massiv durchbrochen oder überhaupt aufgelöst sind (Abb. 3-24)
 - die jungen Gefäßglieder wachsen unter Polyploidisierung ihrer Zellkerne in die Breite, bevor ihre Zellwände durch die Anlagerung sekundärer Wandverdickungen ihre Wachstumsfähigkeit verlieren → der Querdurchmesser der Gefäße ist so groß, dass man sie meist schon mit bloßem Auge als „Holzporen“ erkennen kann
- das eigentliche Leitgewebe ist oft von Sklerenchymfaserbündeln flankiert und von Endodermen eingefasst
- die Leitbündel bilden in Blättern und Spross ein Netzwerk, während jede Wurzel im Zentralzylinder ein einziges, radiales Leitbündel besitzt (das aber eigentlich ein Sammelbündel ist)
- je nach der Anordnung von Xylem und Phloem können konzentrische und kollaterale Bündel unterschieden werden (Abb. 3-25):
 - konzentrische Bündel
 - mit Innenxylem (Abb. 3-25 A) sind bei Farnen verbreitet
 - mit Außenxylem (Abb. 3-25 B) sind in Achsen und Erdsprossen von Monocotyledonen verbreitet
 - kollaterale Bündel
 - häufigster Bündeltyp; in Achsen ist der Holzteil (Xylem) stets nach innen, in Blättern stets nach oben gerichtet
 - geschlossenes Bündel (Abb. 3-25 D): Holz- und Siebteil grenzen direkt aufeinander, es besteht zur Gänze aus Dauergewebe (es finden keine Zellteilungen mehr statt); typisch für Monocotyledonen
 - offenes Bündel (Abb. 3-25 E): zwischen Xylem und Phloem ist ein Meristem eingeschoben, das faszikuläre Cambium (faszikulär, weil Leitbündel auch fasciculi (Bündelchen) heißen), das besonders dünnwandige Zellen besitzt; dieses Cambium spielt beim sekundären Dickenwachstum eine entscheidende Rolle
 - eine Sonderform ist das bikollaterale Leitbündel (z.B. Abb. 3-25 F)

Stelärtheorie, primäres Dickenwachstum

- durch Zellvermehrung und postembryonale Zellvergrößerung wächst die Sprossspitze nicht nur in die Länge, sondern auch in die Dicke – dies bezeichnet man als primäres Dickenwachstum
- beim Embryo ist der Sprossscheitel meist winzig und wächst infolge von Zellvermehrung im Meristem während des Wachstums mit – dies bezeichnet man als Erstarkungswachstum
- durch Erstarkungswachstum nimmt der Achsenumfang entsprechend zu
- der Querdurchmesser durchläuft ein Maximum und nimmt zu Beginn der Blühphase wieder ab, wodurch die primäre Sprossachse eine doppelt kegelförmige Gestalt annimmt (oben und unten dünn, in der Mitte dick) – das sieht man besonders gut bei einjährigen Monocotyledonen (s. Abb.

11-220)

- die Stelärtheorie postuliert einen einheitlichen stammesgeschichtlichen Ursprung der verschiedenen Stelentypen (s. Abbildungen aus Box 4-3 und Bild aus Skript!); einige, mir wichtig erscheinende Stelentypen habe ich hier aufgeführt:
 - Plectostele (Lycopodium): häufigste Stelenform bei Lycopodium, dem Bärlapp – es ist eine Zwischenform zwischen Polystele und Aktinostele, soweit ich das verstanden habe – mehr weiß ich leider nicht
 - Polystele (viele Farne): System von achsenparallelen, meist konzentrischen Leitbündeln, die über den gesamten Sprossquerschnitt verteilt sind
 - Ataktostele (Monocotyledonen): Einzelbündel kollateral, Xylempole sind nach innen orientiert, eine gemeinsame Gewebescheide für die gesamte Stele ist manchmal angedeutet, das Procambium verbraucht sich ganz in der Bildung von Phloem und Xylem → es resultieren geschlossene Einzelbündel
 - Eustele (Dicotyledonen): entspricht in ihrer Gesamtheit eigentlich einem einzigen konzentrischen Leitsystem mit eingeschlossenem Mark, wobei das Leitgewebe aber durch Markstrahlen in mehrere scheinbar unabhängige Leitbündel aufgespalten ist, von diesen dann jedes kollateral ist; die gesamte Stele ist von einer gemeinsamen Endodermis umhüllt

Sekundäres Dickenwachstum der Gymnospermen und Dikotylen

- der Stamm hat für Pflanzen zwei wichtige Bedeutungen, und zwar als Stütze und als Transportbahn zwischen Blättern und Wurzeln; der Durchmesser des Stammes muss im richtigen Verhältnis zu Blatt- und Wurzelmasse stehen → er muss in die Breite wachsen können
- das sekundäre Dickenwachstum beruht auf der Tätigkeit des Sprosscambiums
- beim sekundären Dickenwachstum wird hauptsächlich Holz, also Xylem, gebildet
- auch Äste und Wurzeln wachsen durch sekundäres Dickenwachstum heran
- aus dem Procambium des Sprossvegetationskegels wird das voll entwickelte Sprosscambium, eine hohlzylindrische Stammzellschicht, die nur eine Zelllage dick ist
- im Sprosscambium gibt es zwei verschieden gestaltete Stammzellsorten (Cambiuminitialen):
 - Strahlinitialen: liefern das Parenchym der Holz- und Markstrahlen und damit das horizontale Leitsystem verholzter Achsen
 - Fusiforminitialen: bilden das axilläre Leitsystem; lange, flache, an den Enden zugespitzte Zellen
- das Cambium gliedert in radialer Richtung neue Zellen ab, abwechselnd nach innen und nach außen → das Cambium befindet sich immer in der Mitte der beiden Schichten!
- nach innen abgegebene Zellen bilden das Holz, das histologisch einem sekundären Xylem plus Mark- bzw. Holzstrahlen entspricht
- nach außen abgegebene Zellen bilden den Bast, der histologisch einem sekundären Phloem entspricht
- die Stammzellen haben die höchste Teilungsfrequenz, die abgegliederten Zellen teilen sich selten bis überhaupt nicht mehr
- im Cambium ist die Auxinkonzentration maximal, besonders am Beginn jeder neuen Vegetationsperiode, wenn die Bildung von „Frühholz“ einsetzt
- der Umfang des Cambiumzylinders wird infolge des sekundären Dickenwachstums nach und nach größer – diese Form des Wachstums nennt man Dilatationswachstum, es erfolgt durch Längsteilung der Zellen (das Gewebe bleibt ja weiterhin nur eine Zelle stark)
- das Procambium ist meist nur auf die Leitbündel beschränkt (als faszikuläres Cambium) – bevor das sekundäre Dickenwachstum einsetzt, wird durch Reembryonalisierung bereits ausdifferenzierter Parenchymzellen ein geschlossener Cambiummantel gebildet
- primäre Markstrahlen: reichen vom Mark bis zur Rinde durch; infolge des sekundären Dickenwachstums liegen die primären Markstrahlen umso weiter auseinander, je weiter sie sich

vom Stammmittelpunkt entfernen → die Funktion des Transports von Stoffen kann nicht mehr ausreichend erfüllt werden → weitere Markstrahlen sind erforderlich

- sekundäre Markstrahlen: Holz- und Baststrahlen, entstehen, indem sich lokal begrenzt Fusiforminitialen in Markstrahlinitialen umwandeln; reichen nicht von Mark bis Bast durch, sondern beginnen blind im Holz bzw. Bast → sie sind umso kürzer, je später die Umwandlung der Zellen erfolgte; überall dort, wo der Abstand der Markstrahlen infolge des sekundären Dickenwachstums einen bestimmten Wert überschreitet, wird ein neuer Holz- oder Baststrahl angelegt
- bei Nadelhölzern sind die Holz- und Baststrahlen zwar einige Zellen hoch, aber nur eine Zelle breit; bei Laubhölzern sind sie oft viele Zellen breit und bis über 100 Zellen hoch
- bei Monocotyledonen gibt es kein sekundäres Dickenwachstum nach den bisher beschriebenen Mechanismen, da sie geschlossene Leitbündel haben und damit kein Cambium zwischen Xylem und Phloem, das zu einem Cambiumring auswachsen könnte → fast alle Baum- und Straucharten gehören zu den Dicotyledonen, nur bei einigen baumartigen Liliengewächsen (u.a. der Drachenbaum *Dracaena*) gibt es ein sekundäres Dickenwachstum, das jedoch vollkommen anders verläuft als bei Gymnospermen und Dicotyledonen: als Cambium dient ein sekundäres Verdickungsmeristem, das die ganze Stele umfasst und vor allem nach innen Parenchym mit sekundären Leitbündeln bildet

Angiospermen: Bast und Borke

- Bast
 - das sekundäre Phloem (Bast) ist mikroheterogen, also unterschiedlich aufgebaut – vgl. Abb. 4-53
 - Weichbast: die lebenden Siebelemente und Bastparenchymzellen bilden den Weichbast, der sich mit Hartbastschichten abwechselt
 - Hartbast: tangentielle Schicht aus massierten Bastfasern; die Schichtung zwischen Weich- und Hartbast überlagert die meist nur undeutlich gegeneinander abgegrenzten jährlichen Zuwachszonen des Basts, deren jede mehrere Weich- und Hartbastlagen enthält
 - Leitbast: nur 1 mm dünne Lage Gewebe unmittelbar außerhalb des Cambiummantels, in der der ganze Assimilattransport des Baumstamms stattfindet; hier sind die lebenden Siebzellen, die nur für ein Jahr funktionstüchtig sind und nach ihrem Absterben Speicherbast werden
 - Speicherbast: ältere Bastzonen; die Siebelemente und ihre unmittelbaren Begleitzellen sind abgestorben und werden vom Nachbargewebe zusammengedrückt. Die einzelnen Parenchymzellen vergrößern sich beträchtlich und vermehren sich auch häufig, wodurch sie den früher von den Siebelementen eingenommenen Raum füllen und bewirken eine Dilatation des Bastes, der dadurch dem fortgesetzten sekundären Dickenwachstum des Sprosses zu folgen vermag; der tote Hartbast vermag die beiden Wachstumsprozesse nicht mitzumachen, doch viele Parenchymzellen wandeln sich in Steinzellen um und ergänzen damit das Schutzgewebe, wenn es durch Dilatation aufreißt
- Borke
 - Borke ist das, was im Volksmund als „Baumrinde“ bezeichnet wird (Achtung: in der Botanik ist die Rinde das außerhalb der Leitbündel bzw. des Cambiums liegende Parenchym!)
 - manche periphere Gewebe zerreißen durch Dilatationswachstum während des sekundären Dickenwachstums nicht – dies gilt auch für manche Sprossepidermien
 - gewöhnlich nimmt die Epidermis nicht an der Dilatation teil, sie reißt auf und wird durch das erste Periderm, Kork, ersetzt; da Kork undurchlässig ist, sind Gewebe, die außerhalb von Peridermen liegen, von der Wasser- und Nährstoffzufuhr abgeschnitten, sterben ab und trocknen aus → braune oder graue Verfärbung der Sprossoberfläche
 - Kork, das erste Periderm, das funktionell die Epidermis ersetzt, entsteht in der äußersten Rinde und wird als Oberflächenperiderm bezeichnet; bei manchen Bäumen bleibt das Phellogen (Korkcambium, liefert nach innen das Phelloderm, nach außen das Phellem/Korkgewebe) dieses Periderms über Jahre aktiv und kann durch Dilatationswachstum mitwachsen, wodurch glatte Stammoberflächen entstehen, wie z.B. Buchen oder Birken sie haben

- bei den meisten Bäumen wird das Oberflächenperiderm durch Stammverdickung überwiegend längs aufgerissen, wodurch Risse entstehen, die durch weitere Peridermbildungen in tieferen, noch lebenden Zonen der Rinde, schließlich des Bastes, abgedichtet werden → Innenperidermen
- das Phellogen von Innenperidermen ist nur kurz aktiv → es werden ständig neue, weiter innen liegende Peridermen angelegt → an der Stammoberfläche entsteht ein immer dickerer Mantel aus totem Gewebe, das von vielen dünnen, periklinen Korklagen durchzogen ist und in das von außen her immer tiefere Risse einschneiden
- dieser tote, sich von innen her aber ständig ergänzende Gewebekomplex ist das tertiäre Abschlussgewebe – die Borke
- Abb. 4-54, 4-55

Sprossverzweigung

- es gibt zwei mögliche Formen der Verzweigung der Sprossachse:
 - axilläre Verzweigung
 - bei Farnen nur selten, bei Samenpflanzen die Regel
 - zwischen Blattoberseite und -achse ist ein spitzer Winkel ausgebildet, der als Blattachsel bezeichnet wird
 - im vegetativen Bereich handelt es sich bei den Blättern um Trag- oder Deckblätter, in Blütenständen um Hochblätter
 - in der Blattachsel steht (mindestens) eine Achselknospe (Axillärknospe), die später zu einem Seitentrieb auswachsen kann
 - bei Nadelhölzern sind nur über den Ansatzstellen weniger Nadeln Achselknospen ausgebildet, bei Angiospermen findet sich im vegetativen Bereich über jede Blattachsel mit Seitenknospen besetzt; manchmal werden sogar mehrere Knospen angelegt, man spricht dann von Beiknospen
 - welche Achselknospen austreiben und wie stark sich die entstehenden Seitenachsen entwickeln, steht bei allen Sprosspflanzen unter hormonaler Kontrolle und wird dadurch strikt reguliert
 - über hormonale Wechselbeziehungen (Korrelationen) innerhalb der Pflanze wird auch über aufrechtes (orthotropes), schräges (plagiotropes) oder waagerechtes (horizontales) Wachstum von Trieben entschieden
 - es gibt verschiedene axilläre Verzweigungssysteme – vgl. Abb. 4-23
 - monopodiale Systeme: hierarchisch aufgebautes Verzweigungssystem, bei dem die Seitentriebe gegenüber der Mutterachse in ihrem Wachstum zurückbleiben; man verwendet die Begriffe Hauptachse, Seiten- oder Nebenachsen 1., 2., 3. usw. Ordnung)
 - sympodiales System: sind die Seitenachsen stärker gefördert als die Mutterachse, verkümmert die Terminalknospe der Mutterachse oft oder bildet eine Blüte oder einen Blütenstand, eine endständige Ranke oder dergleichen, sodass durch sie kein weiteres Wachstum mehr möglich ist; die Fortsetzung des Achsensystems wird dann von Seitenknospen bzw. ihren Trieben übernommen; vgl. Abb. 4-23 B (Monochasium, häufigster Fall) und C (Dichasium; zwei gleichrangige Seitentriebe; es gibt auch ein Pleiochasium, bei dem es mehr als zwei gleichrangige Seitentriebe gibt)
 - dichotome Verzweigung
 - beruht auf einer Teilung des Scheitelmeristems
 - bei der Bärlappgewächsen vorherrschend, kommt gelegentlich auch bei Farnen vor
 - durch Dichotomie entstehende Verzweigungssysteme heißen Dichokladien

Blatt

- das typische Blattorgan (Phyllom) ist flächig bifacial (hat zwei unterschiedliche Seiten), Ober- und Unterseite unterscheiden sich z.B. in der Häufigkeit der Stomata und/oder der Behaarung, außerdem wachsen Phyllome nur begrenzt durch zweischneidige Scheitelzellen oder durch linere Randmeristeme
- bei einer typischen Samenpflanze folgen die Blätter in folgender Reihenfolge von unten nach oben am Spross (und natürlich auch zeitlich): Kotyledonen (besonders einfach gebaut), Primärblätter (Übergangsblätter), Laubblätter (eigentliche Assimilatoren und Transpiratoren der Pflanze); vgl. Grafik auf S. 194)
- in Blütenständen werden einfachere Hochblätter ausgebildet, in deren Achseln Blüten oder Blüten tragende Seitentriebe entspringen können
- das Laubblatt stellt aus evolutionärer Sicht die höchstentwickelte Blattform dar, da alle anderen Blätter ihm gegenüber durch Reduktion vereinfacht scheinen

Aufbau

- Abb. 4-56 zeigt ein typisches Laubblatt, dessen Aufbau im Folgenden beschrieben werden soll
- Aufbau eines typischen Laubblatts:
 - Unterblatt
 - Blattgrund
 - erscheint oft nur als Verbreiterung der Blattstielbasis
 - kann – besonders bei Monocotyledonen – so breit sein, dass er die Sprossachse an seinem Knoten ganz umfasst (vgl. Abb. 4-57); in solchen Fällen ist das Unterblatt oft zu einer röhrenförmigen Blattscheide verlängert (bei den meisten Gräsern)
 - Stipulae (Nebenblätter, Stipeln)
 - werden von manchen Pflanzen gar nicht ausgebildet oder sind kurzlebig und fallen frühzeitig ab
 - können auch sehr prominent werden und die Laubblattfunktionen übernehmen (vgl. Abb. 4-58)
 - nicht selten sind sie in Stipulardornen umgewandelt (siehe Abb. 4-58 E)
 - Oberblatt
 - Blattstiel (Petiolus)
 - hält die Blattspreite auf Distanz von der Sprossachse
 - bringt die Blattspreite durch Wachstums- bzw. Turgorbewegungen in optimale Exposition zum Lichteinfall bringen
 - Trägerorgan → rundlicher Querschnitt (wg. Stabilität); kann sich aber auch flächig verbreitern und Spreitenfunktion übernehmen (s. Abb. 4-59) – in solchen Fällen spricht man dann von Phylloiden
 - fehlt der Blattstiel, so wird das Blatt als „sitzend“ bezeichnet
 - bei Fiederblättern setzt sich der Blattstiel in eine Blattspindel (Rachis) fort, die mehrere Paare von seitlich abstehenden Fiedern und meist eine Endfieder trägt
 - Blattspreite (Lamina)
 - eigentlicher Assimilator / Transpirator
 - Form und Größe ist extrem variabel
 - typischerweise ist ein Blatt bilateralsymmetrisch
 - Mediane in Richtung des Blattstiels bzw. der Rachis, in der die Hauptader verläuft → kräftigste Blattrippe
 - Laubblätter sind meist auch dorsiventral → die (wenigstens ursprünglich) der Sprossachse zugewandte (adaxiale) Seite unterscheidet sich meist von der abaxialen Seite, und zwar in Häufigkeit der Spaltöffnungen (meist in der Blattunterseite),

Behaarung, Farbstoffspeicherung, Anatomie

- in den Blattleitbündeln (Blattadern, Blattnerven) liegt das Xylem oben, das Phloem unten
- die Nervatur, das Muster der Leitbündel in den Blattspreiten, fällt oft schon mit bloßem Auge auf:
 - die Hauptadern (major veins) dienen der Anlieferung von Wasser und Nährsalzen in die Blätter bzw. dem Abtransport von Photosyntheseprodukten aus den Blättern, sind von Bündelscheiden umhüllt, die sie vom restlichen Gewebe isolieren und den Stoffaustausch zwischen Leitbündel und Mesophyll kontrollieren; solche Bündelscheiden reichen manchmal bis an die Epidermen heran und übernehmen damit Stützfunktion; Hauptadern sind oft unterseits als Blattrippen vorgewölbt und dienen der Aussteifung der Lamina
 - die zarten Leitbündel (minor veins) vermitteln den unmittelbaren Kontakt zum Mesophyllgewebe, um den Wassertransport zu jeder Zelle zu ermöglichen; sie bilden so dichte Muster aus, dass die zwischen ihnen liegenden Areolen / Interkostalfelder so klein sind, dass keine Zelle mehr als sieben weitere Zellen vom nächsten Leitbündel entfernt ist
 - Monocotyledonen: meist Parallelnervatur
 - Dicotyledonen: meist Netznervatur
 - dritter Aderungstyp: Gabel- oder Fächeraderung, bei Farnen und Ginkgo: kräftigere Leitbündel sind dichotom verzweigt und enden blind am vorderen Blattrand
- Anatomie der Laubblätter
 - Abb. 4-64 zeigt das typische Querschnittsbild eines bifacialen Laubblatts
 - von oben nach unten:
 - obere Epidermis
 - einschichtig
 - Palisadenparenchym
 - ein- bis dreischichtig
 - enthält etwa 4/5 aller Blattchloroplasten
 - Assimilatorgewebe
 - Schwammparenchym
 - sehr locker
 - zahlreiche, z.T. sehr große Interzellularräume (bis zu 90 % des Gewebes) → Oberflächenvergrößerung aller Mesophyllzellen fast um den Faktor 100
 - erleichtert bei hypostomatischen Blättern (Stomata ausschließlich auf der Unterseite) auch die Diffusion von CO₂ zum Palisadenparenchym
 - Transpirationsgewebe
 - Zellen enthalten Leukoplasten, manchmal mit wenigen Thylakoiden und geringem Chloroplastengehalt
 - hier verlaufen die Leitbündel
 - die größeren Leitbündel sind von Endodermen umgeben, die als Bündelscheiden bezeichnet werden
 - untere Epidermis
- bei manchen Pflanzen weicht die Gewebeanordnung in der Lamina mehr oder weniger stark ab – siehe Abb. 4-62
 - manchmal findet sich auch in der unteren Epidermis ein Palisadenparenchym
 - in den steil stehenden Blättern von Gräsern ist das Mesophyll einheitlich und nicht in Palisaden- und Schwammparenchym gegliedert, Spaltöffnungen sind ober- und unterseits gleich häufig
 - Blätter von Wasserpflanzen sind oft nur zweischichtig
 - Pflanzen an extrem feuchten Standorten haben manchmal sogar nur einschichtige Blätter

Blattstellung

- drei Grundformen der Blattstellung (Phyllotaxis):
 - wirtelige Anordnung
 - jeder Knoten trägt mehr als ein Phyllom – im einfachsten und häufigsten Fall zwei → gegenständige Blattstellung
 - die Winkel zwischen den Blattansatzstellen (meist auch zwischen den Blättern selbst) sind an einem Knoten immer gleich; die Blätter stehen äquidistant (in gleichem Abstand voneinander → Äquidistanzregel)
 - an aufeinander folgenden Knoten stehen die Blätter auf Lücke zwischen den nächstälteren und nächstjüngeren (Alternanzregel) → an jedem zweiten Knoten stehen die Blätter übereinander → es ergeben sich charakteristische Längsreihen von Blattorganen, die als Orthostichen, Geradzeilen, bezeichnet werden; die Zahl der Orthostichen ist doppelt so groß wie die Zahl der Blätter an einem Knoten (Beispiel: zwei Blätter pro Knoten → man sieht, wenn man die Sprossachse von oben betrachtet, vier Reihen von untereinander stehenden Blättern = vier Orthostichen)
 - stehen die Blätter genau gegenständig (zwei Blätter pro Knoten), spricht man von Kreuzgegenständigkeit oder Dekussation (s. Abb. 4-13); charakteristisch für alle Lippenblütler (Lamiaceen)
 - zweizeilige / distiche Anordnung
 - nur ein Blatt pro Knoten
 - Blätter stehen an aufeinander folgenden Nodi abwechselnd (s. Abb. 4-14) → nur zwei Orthostichen
 - der Winkel zwischen den Blättern benachbarter Knoten beträgt 180°
 - typische Beblätterung vieler Monocotyledonen, der Ulme sowie vieler Fabaceen
 - auch häufig bei waagrecht wachsenden Zweigen vieler sonst dispers beblätterter Holzgewächse, z.B. Hasel, Linde, Buche
 - schraubige / zerstreute / disperse Anordnung
 - nur ein Blatt pro Knoten
 - Blattansatzstellen aufeinander folgender Nodi bilden eine Schraubenlinie; auch wenn hin und wieder Blätter übereinander zu stehen kommen, gibt es hier jedoch keine Orthostichen, sondern immer Spirostichen (Schraubenzeilen)
 - bei Verkürzung der Internodien bilden dieser Typ der Blattstellung Spiralen, z.B. bei Blattrosetten, Zapfen, Blütenständen von Korbblütlern usw. (s. Abb 4-16)
 - der Divergenzwinkel beträgt meist etwas mehr als $\frac{1}{3}$ von 360°
 - man unterscheidet die Grundspirale (Abb. 4-15 A) und die genetische Spirale (Abb. 4-15 B)
- Schimper-Braunsche Hauptreihe (sorry, dazu hab ich wirklich überhaupt nichts gefunden)
- Blattstellungsdiagramme werden verwendet, um die Phyllotaxis übersichtlich und schematisch darzustellen (s. Abb. 4-12): Sie stellen Grundrisse der Sprossachse dar, in denen aufeinander folgende Nodi als konzentrische Ringe dargestellt werden, der älteste mit dem größten Durchmesser; die Ringe entsprechen gedachten Querschnitten durch die Achsenknoten

Metamorphosen: Ranken, Platykladien, Dornen

- Ranken
 - Beispiele siehe Abb. 4-69
 - Sprossranken
 - besondere Form der Sprossachse: zu Ranken umgestaltete Sprosse
 - übernehmen Haltefunktion bei Kletterpflanzen

- wachsen mit steten Suchbewegungen
- reagieren sehr empfindlich auf Berührungen (Thigmonastie)
- ausnahmslos umgeformte Enden von Seitentrieben
- Blattranken
 - leider nichts gefunden bis auf Bild: Abb. 8-30 (leider nicht gescannt)
- Platykladien
 - besondere Form der Sprossachse: Sprossachse mit Blattfunktion
 - blättrige Flachsprosse (Platykladien) forcieren die Photosynthesetätigkeit des grün gefärbten Rindenparenchyms
 - entsprechen die Platykladien Kurzsprossen, so nennt man sie Phyllokladien (s. Abb. 4-3)
 - entsprechen die Platykladien Langsprossen, so nennt man sie Kladodien (s. Abb. 4-34)
 - die Blätter sind in solchen Fällen zu Schuppen reduziert oder fallen frühzeitig ab
- Dornen
 - Sprossdornen
 - besondere Form der Sprossachse: verholzte Kurztriebe
 - Abb. 4-36
 - sie können verzweigt sein, müssen es aber nicht
 - Blattdornen
 - leider nichts gefunden bis auf Bild: Abb. 4-7
 - Unterschied zwischen Stacheln und Dornen: s. Abb. 4-37
- weitere Metamorphosen bei Blättern:
 - Anisophyllie (verschieden große Blätter an der Sprossober- und -unterseite)
 - Heterophyllie (auffällige Unterschiede in der Ausbildung der Laubblätter in verschiedenen Regionen einer Pflanze)
 - Rollblätter
 - Xerophyten (Pflanzen, die an trockenen Standorten wachsen)
 - Hygro- und Hydrophyten (feuchte bzw. nasse und im Wasser befindliche Standorte)
 - Blattranken
 - Blattdornen
 - Insektivoren

Blüte

- wichtigste reproduktive Anpassung der Angiospermen → Bestäubung ist weniger zufallsabhängig, da (meist) Insekten die Pollen übertragen (bei einigen Arten jedoch auch Windbestäubung, besonders bei denen, die in großen Populationen wachsen, z.B. Gras)

Aufbau, Generationswechsel der Angiospermen

- Euanthien- und Pseudanthienhypothese
 - siehe Skript von Nežadal
- Aufbau einer Blüte
 - spezialisierter Spross mit vier Wirteln von modifizierten Blättern:
 - Blütenboden (Receptaculum)
 - Kelchblätter / Sepalen
 - erste Blätter nach dem Blütenboden (Receptaculum)
 - gewöhnlich grün
 - umschließen die Blüte, bevor sie sich öffnet
 - steriler Blütenteil, gehört zum Perianth (siehe unten)
 - Kronblätter / Petalen

- über den Sepalen
- meist auffällig gefärbt, wenn der Anlockung von potentiellen Bestäubern dienen
- bei Windbestäubung meist unauffällig (grün oder braun)
- steriler Blütenteil, Petalen bilden zusammen mit Sepalen die doppelte Blütenhülle (Perianth); sind Sepalen und Tepalen gleich gestaltet, spricht man vom einfachen Perianth (Perigon) und nennt beide Blattarten Tepalen
- innerhalb des Rings aus Petalen bzw. Tepalen befinden sich die reproduktiven Organe, die beiden Ringe fertiler Sporophylle: Staubblätter (Stamina) und Fruchtblätter (Karpelle)
- Staubblätter / Stamina
 - männliche Reproduktionsorgane, bilden Mikrosporen
 - aus den Mikrosporen bilden sich die männlichen Gametophyten
 - besteht aus Staubfaden (Filament) und einer terminalen Verdickung, dem Staubbeutel (Anthere)
 - Konnektiv (steriler Mittelabschnitt zwischen den beiden Theken einer Anthere)
 - Theka (die aus zwei Pollensäcken gebildete Hälfte einer Anthere) mit zwei Pollensäcken
 - in der Anthere werden Pollen produziert
 - Entwicklung der Pollen
 - Archespor⁴ → Pollenmutterzelle → Meiose → Pollenkorn
 - eine vegetative Zelle, zwei Spermakerne → zwei- bis dreizelliger männlicher Gametophyt
- Fruchtblätter / Karpelle / Stempel
 - weibliche Sporophylle, bilden Megasporen und deren Produkte (weiblicher Gametophyt)
 - besteht aus dem Fruchtknoten des Fruchtblatts, dem Griffel, der Narbe und Fruchtknoten verbindet, und der klebrigen Narbe, die die Pollen aufnimmt
 - vom Fruchtknoten umschlossen und geschützt ist die Samenanlage, die sich nach der Befruchtung zum Samen entwickelt
 - es werden verschiedene Typen von Fruchtknoten unterschieden:
 - oberständig
 - mittelständig
 - unterständig
 - polymer (hohe Zahl der Glieder in einem Kreis von Blütenorganen)
 - chorikarp (Karpelle untereinander frei)
 - synkarp (mehrere Karpelle miteinander verwachsen → Stempel)
 - parakarp (Karpelle nur am Rand verwachsen)
 - einige Angiospermen, z.B. die Gartenerbse, besitzen Blüten mit einem einzigen Fruchtblatt, andere Angiospermen, z.B. die Magnolien, haben mehrere getrennte Fruchtblätter, wieder andere Arten, z.B. die Lilien, haben zwei oder mehr verwachsene Fruchtblätter, die gewöhnlich einen Fruchtknoten mit mehreren Hohlräumen bilden, die jeweils eine Samenanlage enthalten
- Generationswechsel der Angiospermen
 - die Antheren der Blüte bilden Pollenkörner, die die unreifen männlichen Gametophyten enthalten; jedes Pollenkorn besitzt zwei haploide Zellen
 - Die Samenanlagen, die sich im Fruchtknoten entwickeln, enthalten den weiblichen Gametophyten, den aus wenigen Zellen bestehenden Embryosack; eine davon ist die Eizelle
 - durch die Bestäubung gelangt das Pollenkorn auf die klebrige Narbe, wo es reift → es enthält nun einen reifen männlichen Gametophyten und bildet einen Schlauch (Pollenschlauch), der

4 Archespor = Zelle(n) im Inneren der Sporangien, aus denen sich die Pollenmutterzellen entwickeln

durch die Narbe und den Griffel bis zum Fruchtknoten reicht, wo er durch die Mikropyle, eine Pore in den Integumenten, in die Samenanlage eindringt und die beiden Spermakerne in den weiblichen Gametophyten, den Embryosack, entlässt

- es findet eine doppelte Befruchtung durch die beiden Spermakerne statt: ein Zellkern vereinigt sich mit dem Kern der Eizelle und bildet eine diploide Zygote, der andere Kern verschmilzt mit zwei Kernen in der großen zentralen Zelle des Embryosacks, wodurch diese triploid wird
- die Zygote entwickelt sich zum Sporophytenembryo mit rudimentärer Wurzel (Keimwurzel, *Rudicula*) und einem oder zwei Keimblättern (Kotyledonen → Mono- und Dicotyledonen)
- die triploide Zelle im Embryosack teilt sich wiederholt → es entsteht ein triploides Gewebe, das als Endosperm bezeichnet wird; es ist reich an Stärke und anderen Reservestoffen (Monocotyledonen speichern die meisten Reservestoffe im Endoderm, die meisten dikotylen Pflanzen in den sich entwickelnden Kotyledonen)
- der Sporophytenembryo wird zusammen mit Nahrungsreserven als Samen verpackt; der Samen besteht insgesamt aus Embryo, Endosperm, Sporangium und einer Samenschale (Testa), die von den Integumenten stammt
- ein Fruchtknoten wird zur Frucht, seine Samenanlagen entwickeln sich zum Samen
- der Same keimt und entwickelt sich zum Sporophyten: die Hülle wird in einer geeigneten Umgebung (nach Verbreitung durch Wind oder Tiere) durchbrochen und der Embryo erscheint als Keimling; er nutzt die Nährstoffe, die in den Kotyledonen bzw. im Endosperm gespeichert waren

Blütenstände

- Rispe
- Traube
- Ähre
- Kolben
- Dolde
- Köpfchen
- Knäuel
- Schraubel
- Wickel
- Sichel
- Fächer
- Spirre

Samen, Früchte

- der Fruchtknoten entwickelt sich zur Frucht → die Frucht repräsentiert den reifen Fruchtknoten
- die Frucht schützt die dormanten (ruhenden) Samen und fördert seine Verbreitung
- die Fruchtknotenwand wird nach der Bestäubung zum Perikarp, der verdickten Fruchtwand
- Fruchttypen:
 - Streufrüchte
 - Balg
 - Hülse
 - Schote
 - Spaltkapsel
 - Porenkapsel
 - Deckelkapsel
 - Schließfrüchte
 - Beere

- Steinfrucht
- Nussfrucht
- Achäne
- Karyopse
- Spaltfrüchte
 - Gliederhülse
 - Doppelachäne
 - Gliederschote
 - Klause
- Sammelfrüchte
 - Sammelbalgfrucht
 - Sammelsteinfrucht
 - Sammelnussfrucht
 - Apfel
- zusammengesetzte Früchte
 - Ananas
 - Maulbeere
 - Feige
- die Samenanlage eines Fruchtknotens entwickelt sich zum Samen
- Bau einer Samenanlage:
 - Atrop (Mikropyle steht dem Funiculus⁵ gegenüber)
 - anatrop (Mikropyle liegt neben dem Funiculus)
 - kampylotrop (nirgends gefunden)
 - Megasporenmutterzelle → Meiose → Megaspore
 - Eizelle
 - zwei Synergiden (haploide Zellen, die die Eizelle begleiten; durch eine dieser beiden Zellen dringt der Pollenschlauch in den Embryosack ein)
 - zwei Polkerne (Kerne im Embryosack zwischen Eiapparat und Antipoden; sie vereinigen sich bei der doppelten Befruchtung mit dem männlichen Kern zum triploiden Kern)
 - drei Antipoden (Zellen im Embryosack gegenüber dem Eiapparat)
 - doppelte Befruchtung

5 Funiculus = Nabelstrang, Verbindung zwischen Plazenta und Samenanlage

Einige Begriffe

Anisogamie: die Gameten sind ungleich groß; man nennt die kleineren Mikrogameten „männlich“, die größeren Makrogameten „weiblich“

Chlorenchym: Parenchym, dessen Zellen voller Chloroplasten sind und dessen Hauptaufgabe die Photosynthese ist

Conidiosporen: Sporen, die am Ende von Zellfäden, z.B. Pilzhyphen, abgeschnürt werden

Dinokaryon: besondere Ausbildung des Kerns bei den Dinophyta: die Chromosomen enthalten wenig Protein, haben keine Nucleosomen, da Histone fehlen, und bleiben dauernd kondensiert → auch während der Interphase sichtbar

diözisch: zweihäusig, männliche und weibliche Gameten (?) auf verschiedenen Pflanzen bzw. in verschiedenen Blüten

Epikotyl: der Abschnitt der Sprossachse der Samenpflanzen, der zwischen der Ansatzstelle der Keimblätter (Kotyledonen) und dem Ansatz des ersten Primärblattes liegt

Endosporen: Sporen, die im Inneren spezifischer Zellen oder Organe, den Sporangien, gebildet werden

Fruchtkörper: aus Flechtgewebe (Plektenchym) bestehende Gebilde der Pilze, die das Sporenlager (Hymenium) tragen; die Fruchtkörper der Basidiomycetes werden i.A. als Pilze bezeichnet

Gametangiogamie: zwei Gametangien verschmelzen miteinander; kommt nur bei Pilzen vor

Haptonema: geißelähnliches fadenförmiges Anhängsel bestimmter einzelliger Algen (Haptophyta), unterscheidet sich von den außerdem vorhandenen Geißeln durch den inneren Bau; Name von gr. haptēin, anheften, und nema, Faden

Hymenium: Sporenlager, Schicht der Fruchtkörper höherer Pilze

Hypokotyl: der Abschnitt der Sprossachse der Samenpflanzen, der zwischen dem Wurzelhals und der Ansatzstelle der Keimblätter (Kotyledonen) liegt

hypostomatische Blätter: Blätter, die nur auf der Blattunterseite Stomata tragen

interkalares Wachstum: Wachstum, das mit Hilfe von in Dauergewebe eingeschlossenem Bildungsgewebe erfolgt, z.B. in den Internodien der Grashalme dicht über jedem Knoten sowie häufig bei Blättern und Blattstielen

Isogamie: Gameten gleich groß und gleich gestaltet, jedoch physiologisch geschlechtsverschieden differenziert → man spricht nicht von männlichen und weiblichen, sondern von Plus- und Minus-Gameten

Karyogamie: Vereinigung der Zellkerne

Kollenchym: Festigungsgewebe aus lebenden Zellen, bei denen die Kanten oder Seiten verdickt sind, findet sich in noch wachsenden Bereichen krautiger Pflanzen; die Verdickungen bestehen aus Cellulose und Pektinstoffen

Konidien: Außen-, Ekto- oder Exosporen, asexuelle Sporen, die am Pilzmycel durch Abschnürung entstehen

Mastigonema: Feines Haar an der Oberseite von Flimmergeißeln

Meiosporocyste:

Mesophyll: im Blattquerschnitt bilden Palisadenparenchym und Schwammparenchym zusammen das Mesophyll

Mitosporen: Sporen, die ihre Entstehung im Zuge vegetativer Vermehrung Mitosen verdanken

monözisch: einhäusig, männliche und weibliche Gameten (?) auf einer Pflanze bzw. in einer Blüte
offen-kolaterale Leitbündel:

Oogamie: unbeweglicher, großer Makrogamet (Eizelle), kleinerer, beweglicher Mikrogamet (Spermatozoid)

Parenchym: pflanzliches Grundgewebe, bestehend aus meist regelmäßigen, noch lebenden Zellen mit nur wenig verdickten Zellwänden

perikline Zellwände: parallel zur Oberfläche des Vegetationspunktes angeordnete Zellwände

Phyllom: Blattoorgan

Plasmodium: vielkernige Riesenzelle, entsteht aus Verschmelzung mehrerer Zellen

Plasmogamie: Vereinigung des Zellplasmas, vor der Karyogamie

Plektenchym: auch Flechtgewebe; durch enge Verflechtung und Verkleben von Zellfäden entstandener Thallus vor allem bei den Rhodophyta (Rotalgen) und Fungi (Pilzen); es kann im Querschnitt einem Parenchym ähnlich sein → dann spricht man auch von **Pseudoparenchym**

Pseudoplasmodium: ähnlich Plasmodium, Zellen jedoch nicht verschmolzen, sondern „nur“ eng verbunden; besondere Ausbildung der Acrasiomyceta

Radicula: Keimwurzel des Embryos der Samenpflanzen

Sklerenchym: Art des Festigungsgewebes, besteht aus totem Gewebe, verleiht vor allem ausgewachsenen Pflanzenteilen Festigkeit

Somatogamie: zwei beliebige vegetative Körperzellen vereinigen sich; kommt nur bei Pilzen vor

Syncytium: vielkernige Riesenzelle, entstanden durch zahlreiche Mitosen ohne Cytokinese

Uredosporen: Sommersporen der Rostpilze

Wurzelhals: bei Samenpflanzen die Zone der Sprossachse, in der sich Spross und Wurzel treffen

Zoosporen: begeißelte und somit bewegliche Sporen