

Till Biskup

Botanik

Morphologie, Physiologie
Ökologie, Systematik

Band III

Systematik und Evolution

STB
Skripte

1. Auflage

Till Biskup

Botanik

Morphologie, Physiologie
Ökologie, Systematik

Band III

Systematik und Evolution

1. Auflage

Botanik

Morphologie, Physiologie
Ökologie, Systematik

Band I

Histologie, Anatomie, Morphologie

Band II

Physiologie

Band III

Systematik und Evolution

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Autors unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

1. Auflage

© 2001 Till Biskup

Version 0.0.3

12. Januar 2011

gesetzt mit L^AT_EX 2_ε

unter Verwendung von MAKEINDEX, GlossT_EX und BIBT_EX

Formeln mit A_MS-L^AT_EX

Kontakt zum Autor:

email: biskup@physik.hu-berlin.de

Homepage: <http://www.till-biskup.de/studium/stb/botanik-systematik/>

Vorwort

Die vorliegende Fassung des Skriptes “Botanik”, vormals “Allgemeine Botanik” umfaßt nunmehr alle Vorlesungen zu diesem Fachgebiet im Grundstudium, wie sie an der Humboldt–Universität zu Berlin meinerzeit gehalten wurden. Das sind im einzelnen die Grundvorlesungen Allgemeine und Spezielle Botanik (ehemals Prof. Hoffmann und Prof. Köhler, jetzt Prof. Rank und Dr. C. Brückner) sowie die Vorlesungsreihe zur Pflanzenphysiologie bei den Herren Ehwald, Lockau und Buckhout.

Des weiteren sind viele Anregungen aus anderen Vorlesungen, vornehmlich des Hauptstudiums, hinzugekommen, die die Darstellung abrunden und die meinerseits zum Verständnis der Materie beitragen.

Wie schon bei der “Allgemeinen Botanik” ist das Konzept des Skriptes gleichgeblieben: Der vorherrschende Stickwortcharakter soll einen möglichst raschen Zugriff auf die gewünschte Information gewährleisten. Eine konsequente Ausweisung der Quellen — auch wenn es sich dabei um Aussagen von Dozenten handelt, die dann mit ihrer Vorlesung zitiert werden — ermöglicht es dabei, die jeweiligen Fakten auf eine Quelle zurückzuführen, was oft in Zweifelsfragen hilfreich ist.

Das Skript verfolgt inhaltlich ein zweifaches Ziel: Zum einen soll es einen Überblick über die Thematik geben, zum anderen versuche ich, möglichst viele Spezialgebiete zumindest kurz zu erwähnen, um bei einer späteren Konfrontation mit ihnen eine Einordnung in den Gesamtkontext zu ermöglichen.

Ein eigenes Lehrbuch? Wohl kaum, denn dazu fehlt mir schlicht der Überblick und das umfassende Wissen über das Fachgebiet, das ein Lehrbuchautor aus seiner oft jahrzehntelangen Forschung auf dem Gebiet zieht. Auch basieren die Ausführungen in diesem Skript auf Lehrbüchern, die teilweise älter als zehn Jahre sind. Meine Absicht ist es daher, möglichst ohne Fehler in der Darstellung einen Überblick über die Grundlagen der Botanik zu geben, wie ich ihn im Laufe meines bisherigen Studiums, auch als Nebenfach im Hauptstudium, erlangt habe. Auch hier möchte ich wieder Professor Hoffmann zitieren:

“Versuchen Sie, das Wesentliche zu begreifen, die Details ändern sich sowieso täglich”

Um dieses Unterfangen zu unterstützen, habe ich den Versuch gewagt, nach jedem Kapitel in einer Zusammenfassung und Wiederholung die wichtigsten Konzepte noch einmal zusammenzufassen. Der Leser möge entscheiden, ob mir das gelungen ist.

Ein Wort zur Systematik Die Aufstellung natürlicher, phylogenetischer Systeme impliziert die Richtigkeit einer allgemeinen evolutionären Abstammung aller Lebewesen von einem einzigen Ursprung. Da ich diese Ansicht radikal ablehne, hat für mich jegliches System lediglich deskriptiven und ordnenden Charakter.

Insbesondere die Erfahrung aus dem taxonomisch–ökologischen Praktikum lehrte mich den praktischen Nutzen der Systematik schätzen: Die in Deutschland heimischen Pflanzenfamilien lassen sich (meist) mit etwas Übung im Feld bestimmen, das ermöglicht eine sehr wertvolle Grobeinschätzung für die weitere Bestimmung. Das Hauptaugenmerk liegt für mich daher beim System auch nicht auf dem evolutionären Aspekt, sondern auf seinem praktischen Nutzwert.

Da ich kein Fan von Systematik bin, wird dieser Teil des Skriptes auch etwas stiefmütterlich behandelt. Das betrifft insbesondere die Aktualität und mein Festhalten am System des Straßburgers bis einschließlich der 33. Auflage.

Die deutschen Namen für Pflanzengattungen, –familien und –ordnungen entnahm ich, soweit sie in der Vorlesung nicht vorkamen, dem ROTHMALER.

Mein besonderer Dank gilt Sebastian Schrader, der mit großer Geduld jedes meiner Skripte mit Aufmerksamkeit las und mich immer wieder auf Fehler hinwies. Ferner möchte ich allen Dozenten für ihre Mühe danken, ihren Studenten das Gebiet der Botanik anschaulich und interessant darzustellen.

Till Biskup
Berlin, im Mai 2001

Vorwort zur Herausgabe der Skriptreihe “Botanik”

Drei Jahre sind mittlerweile seit meiner ersten Botanik–Vorlesung — damals noch bei Professor Hoffmann — vergangen, und das, was einmal mit dem Abtippen der Mitschriften begann, hat sich zu einem großen Projekt entwickelt. Das vor zwei Jahren erschienene Skript “Allgemeine Botanik” ist sozusagen erwachsen geworden.

Was einmal als einbändiges Werk begann (die Vorlesungsmitschrift zur “Speziellen Botanik” wurde von mir nie bis zur Veröffentlichung gebracht), hat sich mittlerweile, zwei Jahre später und nach zahlreichen Vorlesungen aus dem gesamten Bereich der Botanik, Pflanzenphysiologie und pflanzlichen Biochemie, zu einer dreibändigen Serie entwickelt:

- Band I Histologie, Anatomie, Morphologie
- Band II Physiologie
- Band III Systematik und Evolution

Vieles hat sich verändert, auch an diesem Skript: Jedes Kapitel bekam die interne Gliederung als Übersicht noch einmal vorweggestellt, am Ende habe ich eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Lehrinhalte, Fragen zum Stoff und zuweilen auch weiterführende Literatur angefügt. Am Beginn jedes Kapitels und teilweise auch vor größeren Abschnitten innerhalb eines Kapitels finden sich “Mini–Glossare”, die die im Text vorkommenden Fachbegriffe definieren. Alle diese Begriffe sind noch einmal am Ende im Glossar zusammengefaßt.

Das Konzept ist geblieben: Durch den Stichwortcharakter soll der rasche Zugriff auf die Informationen gewährleistet werden, die konsequente Angabe der Quellen — auch wenn es sich um Aussagen von Dozenten aus Vorlesungen handelt — wurde beibehalten, um in Zweifelsfragen besser entscheiden und nachvollziehen zu können.

Mein besonderer Dank gilt an dieser Stelle all jenen Dozenten, deren Vorlesungen ich besuchte und die mein Interesse am Fachgebiet geweckt haben. Ohne diese Motivation wäre ich nie auf den Gedanken gekommen, ein solches Projekt zu starten.

Till Biskup
Berlin, im Oktober 2001

Kurzinhalt

I System	1
1 Einführung in die Systematik	3
2 Übersicht über das Pflanzenreich	11
3 Das System der Magnoliophytina	71
II Evolution	143
4 Evolutionäre Morphologie	145
5 Morphologische Evolution der Kormophyten	161
Anhang	189
A Endosymbionten–Hypothese	191
Literaturverzeichnis	199
Abbildungsverzeichnis	201
Glossar	205
Index	207
B System	221

Inhaltsverzeichnis

I	System	1
1	Einführung in die Systematik	3
1.1	Begriffsklärung und Definition	4
1.2	Historische Entwicklung der Systematik	5
1.3	Systematische Kategorien und Artbegriff	6
1.4	Hilfswissenschaften der Systematischen Botanik	7
2	Übersicht über das Pflanzenreich	11
2.1	Bezeichnungen großer Organismengruppen	12
2.2	Einordnung der Viren	13
2.3	Merkmale prokaryotischer Zellen	17
2.4	Domäne Archaea	17
2.5	Domäne Bacteria	19
2.5.1	Organisationstyp Bakterien	19
2.5.1.1	Abt. Eubacteriophyta (<i>Reich Bacteria</i>)	19
2.5.2	Organisationstyp Prokaryotische Algen	22
2.5.2.1	Abt. Cyanophyta (<i>Cyanobacteria</i>)	22
2.5.2.2	Abt. Prochlorophyta (<i>Prochlorobacteria</i>)	26
2.6	Domäne Eukaryota	27
	Fungi (<i>Mycota, Pilze</i>)	27
2.6.1	Organisationstyp: Schleimpilze	30
2.6.1.1	Abt. Myxomycota	31
2.6.2	Organisationstyp: Pilze	32
2.6.2.1	Abt. Oomycota	37
2.6.2.2	Abt. Eumycota	38
2.6.2.3	Deuteromycetes (“Fungi imperfecti”)	44
2.6.3	Organisationstyp Lichenes (<i>Flechten</i>)	44
2.6.4	Organisationstyp Phycophyta (“ <i>Eukaryotische Algen</i> ”)	49
2.6.4.1	Abt. Euglenophyta (<i>Augentierchen</i>)	52
2.6.4.2	Abt. Dinophyta	53
2.6.4.3	Abt. Heterokontophyta (<i>Chromophyta, Braune Algen</i>)	54
2.6.4.4	Abt. Rhodophyta (<i>Rotalgen</i>)	54
2.6.4.5	Abt. Chlorophyta (<i>Grünalgen</i>)	55
2.6.5	Organisationstyp Embryophyten, <i>Grüne Landpflanzen</i>	55
2.6.5.1	Abt. Bryophyta (<i>Moose</i>)	58
2.6.5.2	Abt. Pteridophyta (<i>Farnpflanzen</i>)	64
2.7	Rückblick	68

3	Das System der Magnoliophytina	71
3.1	Kl. Magnoliopsida (<i>Dicotyledoneae</i>)	72
3.1.1	U.Kl. Magnoliidae	72
3.1.1.1	Ord. Magnoliales	72
3.1.1.2	Ord. Laurales	74
3.1.1.3	Ord. Piperales	75
3.1.1.4	Ord. Aristolochiales	76
3.1.1.5	Ord. Nymphaeales	76
3.1.1.6	Ord. Ranunculales	77
3.1.1.7	Ord. Papaverales	78
3.1.1.8	Ord. Sarraceniales	78
3.1.2	U.Kl. Hamamelididae	79
3.1.2.1	Ord. Hamamelidales	80
3.1.2.2	Ord. Urticales	80
3.1.2.3	Ord. Fagales	81
3.1.2.4	Ord. Betulales	82
3.1.2.5	Ord. Juglandales	83
3.1.3	U.Kl. Caryophyllidae	84
3.1.3.1	Ord. Caryophyllales	85
3.1.3.2	Ord. Polygonales	88
3.1.4	U.Kl. Dilleniidae	89
3.1.4.1	Ord. Dilleniales	89
3.1.4.2	Ord. Theales	89
3.1.4.3	Ord. Violales	90
3.1.4.4	Ord. Cucurbitales	91
3.1.4.5	Ord. Capparales	92
3.1.4.6	Ord. Salicales	93
3.1.4.7	Ord. Malvales	94
3.1.4.8	Ord. Euphorbiales	95
3.1.5	U.Kl. Rosidae	96
3.1.5.1	Ord. Rosales	96
3.1.5.2	Ord. Saxifragales	97
3.1.5.3	Ord. Fabales	99
3.1.5.4	Ord. Myrtales	101
3.1.6	U.Kl. Asteridae	103
3.1.6.1	Ord. Gentianales	104
3.1.6.2	Ord. Oleales	106
3.1.6.3	Ord. Solanales	106
3.1.6.4	Ord. Scrophulariales	108
3.1.6.5	Ord. Lamiales	109
3.1.6.6	Ord. Campanulales	111
3.1.6.7	Ord. Asterales	112
3.2	Kl. Liliopsida (<i>Monocotyledoneae</i>)	115
3.2.1	U.Kl. Alismatidae	117
3.2.1.1	Ord. Alismatales	117
3.2.1.2	Ord. Hydrocharitales	118
3.2.1.3	Ord. Najadales	119
3.2.2	U.Kl. Aridae	119
3.2.2.1	Ord. Arales	119
3.2.3	U.Kl. Liliidae	121

3.2.3.1	Ord. Dioscoreales	121
3.2.3.2	Ord. Liliales	122
3.2.3.3	Ord. Asparagales	124
3.2.3.4	Ord. Orchidales	128
3.2.4	U.Kl. Arecidae	130
3.2.4.1	Ord. Arecales	130
3.2.5	U.Kl. Commelinidae	132
3.2.5.1	Ord. Bromeliales	132
3.2.5.2	Ord. Zingiberales	133
3.2.5.3	Ord. Pontederiales	135
3.2.5.4	Ord. Commelinales	136
3.2.5.5	Ord. Juncales	136
3.2.5.6	Ord. Cyperales	137
3.2.5.7	Ord. Poales	138
3.2.5.8	Ord. Typhales	141

II Evolution 143

4 Evolutionäre Morphologie 145

4.1	Evolution der Blüte	146
4.1.1	Herkunft der Blüte	146
4.1.1.1	Pseudanthien–Theorien	146
4.1.1.2	Euanthien–Theorie	146
4.1.1.3	Anthocormus–Theorie	147
4.1.2	Evolution des Perianths	148
4.1.3	Evolution des Androeceums	150
4.2	Evolution des Gynoeceums/Frucht–Evolution	153
4.2.1	Frucht	153
4.2.2	Entwicklung der Narbe	154
4.2.3	Entwicklung des Fruchtblattes	154
4.3	Evolution der Leitungssysteme	155
4.3.1	Stelärtheorie	155
4.3.2	Telomtheorie	156

5 Morphologische Evolution der Kormophyten 161

5.1	Abteilung: Pteridophyta	163
5.1.1	Kl. Psilophytopsida †	163
5.1.2	Kl. Lycopodiopsida	164
5.1.3	Kl. Equisetopsida	165
5.1.4	Kl. Pteridopsida	166
5.2	Abt. Spermatophyta	167
5.2.1	U.Abt. Coniferophytina	168
5.2.1.1	Kl. Ginkgoopsida	169
5.2.1.2	Kl. Pinopsida	169
5.2.2	U.Abt. Cycadophytina	172
5.2.2.1	Kl. Lycopodiopsida †	172
5.2.2.2	Kl. Cycadopsida	172
5.2.2.3	Kl. Bennettitopsida †	172
5.2.2.4	Kl. Gnetopsida	172

5.2.3	U.Abt. Magnoliophytina	173
5.2.3.1	Blüte	174
5.2.3.2	Frucht	177
5.2.3.3	Xylem–Entwicklung	180
5.2.3.4	Karyologie	180
5.2.3.5	Entstehung der Angiospermophytina	182
Anhang		189
A Endosymbionten–Hypothese		191
A.1	Ausgangspunkt	192
A.2	Inhalt der Hypothese	193
A.3	Beweise und Probleme der Hypothese	194
A.4	Konsequenzen	195
A.5	Endocytobiose	196
Literaturverzeichnis		199
Abbildungsverzeichnis		201
Glossar		205
Index		207
B System		221

Teil I

System

Kapitel 1

Einführung in die Systematik

Übersicht

1. Begriffsklärung und Definition
2. Historische Entwicklung der Systematik
3. Systematische Kategorien und Artbegriff
4. Hilfsdisziplinen der Systematischen Botanik

1.1 Begriffsklärung und Definition

- spezielle Botanik = systematische Botanik
- Systematisieren Grundprinzip menschlicher Erkenntnis und Ordnung
- Aufgabe
 - Erfassen,
 - Beschreiben und
 - Benennen der historischen Mannigfaltigkeit
- drei Grundpfeiler
 1. Taxonomie
 - Taxon = Sippe
 - phylogenetische Verwandtschaft
 2. Phylogenie
 - untersucht Abstammung
 3. Evolutionsforschung
 - Ursachen und Triebkräfte der Evolution
 - * genetische Mannigfaltigkeit
 - Mutation
 - genetische Rekombination
 - * Variabilität
 - * Selektion
 - * Isolation
 4. befaßt sich mit pflanzlichen Populationen
- phylogenetisches System
 - muß Stammesgeschichte möglichst genau widerspiegeln
 - muß übersichtlich sein
 - grundlegendes Bezugssystem der Botanik
 - Praediktivität (Vorhersagefähigkeit)
 - Zeitfaktor
 - * großer Unterschied zu anderen Systemen
 - noch sehr im Fluß
 - wahrscheinlich wesentlich komplizierter als bisher angenommen
- ca 300 000 Arten
 - $\frac{2}{3}$ in den Tropen
 - Prognose: ca. 60 000 Arten sterben in den nächsten Jahrzehnten aus

1.2 Historische Entwicklung der Systematik

- Altertum — 16. Jh.: *Habitus-Merkmale*
 - ARISTOTELES, THEOPHRAST, DIOSKORIDES (*De Materia Medica*)
 - BRUNFELS, BOCK, FUCHS, LONICERUS
 - * Kräuterbücher
 - 1600—1750: *Künstliche morphologische Systeme*
 - makroskopische Blüten- und Fruchtemerkmale
 - LOBELIUS, CAESALPINUS, TOURNEFORT:
 - * Gattungsbegriff
 - CARL VON LINNÉ
 - * Sexualsystem
 - * binäre Nomenklatur
 - * Binom; Genus + Species (*Epitheton*) — Name
 - * *Species Plantarum* (1753)
 - * Anhänger der Konstanz der Arten
 - WILDENOW
 - * erster Botanik-Professor der neugegründeten Berliner Universität
 - 1753—1859: *Natürliche morphologische Systeme*
 - viele Merkmale, allgemeine Ähnlichkeit
 - JUSSIEU, ADANSON, DE CANDROLLE (1819)
 - 1859: *Phylogenetische Systeme*
 - phylogenetische Elemente, Generationswechsel
 - Kryptogamen
 - EICHLER, ENGLER, BENTHAM & HOOKER
 - Organisationsformen
 - DARWIN
 - * *Origin of Species* (1859)
 - WETTSTEIN (1935)
 - * erstes vollständiges, phylogenetisches System
 - LAMARCK, HAECKEL, MENDEL, DE VRIES
 - * Grundlagen der Abstammungs- und Vererbungslehre
 - 1930—60: *Cytogenetik, Biosystematik*
 - 1960er: *Chemosystematik*
 - 1990er: *DNA-Sequenzierung*
- ⇒ “Stammbusch”, kein Stammbaum

Kategorie		Namensendung
Reich	<i>regnum</i>	–ota
Unterreich	<i>subregnum</i>	–bionta
Abteilung	<i>divisio bzw. phylum</i>	–phyta
U.–Abteilung	<i>subphylum</i>	–phytina
Klasse	<i>classis</i>	–opsida (–atae) –phyceae, –mycetes
U.–Klasse	<i>subclassis</i>	–idae
Ordnung	<i>ordo</i>	–ales
Familie	<i>familia</i>	–aceae
U.–Familie	<i>subfamilia</i>	–oideae
Tribus	<i>tribus</i>	–eae
Gattung	<i>genus</i>	
Sektion	<i>sectio, sect.</i>	
Serie	<i>series, ser.</i>	
[Aggregat (agg.)]		
Art	<i>species, spec., sp.</i>	
Unterart	<i>subspecies, subsp., ssp.</i>	
Varietät	<i>varietas, var.</i>	
Form	<i>forma, f.</i>	

Tabelle 1.1: Systematische Kategorien

1.3 Systematische Kategorien und Artbegriff

- Art Grundeinheit in der Systematik
- Gattung zweitwichtigste Kategorie
 - Binomenklatur
- Art-Begriff
 - HUGO DE VRIES — Konstanz
 - DU RIETZ (1930) — morphologische Unterschiede, Hiatus (*lat.* = *Kluft*)
 - DOBZHANSKY (1935) — Kreuzungsschranke
 - SCHWARZ (1937) — phylogenetisch
 - SCHWARZ und ROTHMALER (1950):

Art Die Art ist die kleinste Abstammungsgemeinschaft, die durch mehrere konstante Merkmale von allen anderen Abstammungsgemeinschaften deutlich geschieden ist, ein selbständiges charakteristisches Areal besitzt und von anderen gleichwertigen Abstammungsgemeinschaften durch mehr oder weniger starke geschlechtliche Isolation getrennt ist. (SCHWARZ und ROTHMALER, 1950)
- Nomenklatur
 - internationale Verständlichkeit (Latein)
 - Einmaligkeit
 - Beständigkeit
 - * Prioritätsregel

1.4 Hilfsdisziplinen der Systematischen Botanik

1. Morphologie

- älteste Disziplin
- analysiert äußere Bauplangliederung
- Grundlagen für die Grobgliederung
- Abstammungslehre kommt aus der vergleichenden Morphologie

2. Morphogenese

- ontogenetische Entwicklung, "Gestaltwerdung"

3. Anatomie (*Histologie*)

- analysiert innere Merkmale der Pflanzen
- innere Merkmale in vieler Hinsicht stabiler als äußere Merkmale
⇒ gute Eignung für die Systematik

4. Embryologie

- Bau und Entwicklung von Samenanlagen etc.
- Embryoentwicklung

5. Palynologie (*Pollenforschung*)

- Morphologie des Pollens und der Sporen
- Pollen nur wenigen Anpassungszwängen unterlegen
⇒ langsame Veränderung in der Phylogenese

6. Cytologie

- Feinstrukturen der pflanzlichen Zelle
- Beispiele:
 - Geißelstruktur bei Algen
 - Siebröhrenplastiden
 - * liefern grundlegende Kenntnisse zur Systematik
 - Blattoberflächen–Strukturen

7. Karyologie

- Struktur der Chromosomen
- Chromosomenverhältnisse
 - haplo– oder diploid, polyploid

8. Palaeobotanik

- Fossilien
- einzige direkte Beweise für Vorfahren und Stammformen

9. Phytochemie

- Farbstoffe
 - Bsp.: Betalaine / Anthrocyane
- Bsp.: Flechtensäuren
 - Flechten durch diese besser bestimmbar als morphologisch
- chemisch komplizierte Substanzen notwendig

10. Serologie

- aus Intensität der Reaktionen eines Serums mit Antigenen verwandtschaftliche Nähe bestimmbar

11. quantitative Ähnlichkeitsbestimmung

- Ähnlichkeitskoeffizienten
 - ⇒ Dendrogramm
- abgestufte Ähnlichkeit errechenbar
- *numerische Taxonomie*
- heute
 - Bestrebungen eines streng phylogenetischen Systems
 - ⇒ *Kladistik*
 - HENNING
 - vgl. BISKUP (1999b)
 - Problem:
 - * wesentlich komplizierter als bisheriges System
 - wesentlich schwerer didaktisch zu vermitteln
 - unhandlicher
 - * generelle Problematik menschlicher Modelle
 - je näher an der Realität, desto komplizierter
 - Natur nicht so einfach klassifizierbar, wie es im menschlichen Bestreben liegt
 - * Weg nach dort noch lange
 - auch neues Strasburger–System (vgl. (SITTE ET AL., 1998), S. 517ff.) nur Beitrag zur Diskussion
 - “Auch die hier getroffene Einteilung stellt nur einen Versuch dar, die großen Zusammenhänge einigermaßen übersichtlich aufzuzeigen. Mit Rücksicht auf die Zwecke eines Lehrbuchs sind dabei bewußt gewisse Vereinfachungen vorgenommen worden.”(SITTE ET AL., 1998)

Zusammenfassung und Wiederholung

URL

Aktuelle Informationen und Links zu diesem Kapitel im Internet unter <http://www.till-biskup.de/studium/stb/botanik-systematik/kapitel1.html>

Fragen

1.

weiterführende Literatur

ZIMMERMANN Die Phylogenie der Pflanzen

ENGLER Syllabus der Pflanzenfamilien

Agenda Systematik 2000

JACOB, JÄGER, OHMANN Botanik

FROHNE, JENSEN Systematik des Pflanzenreiches

TAKHTAJAN Evolution der Angiospermen

DERS. Evolution und Ausbreitung der Blütenpflanzen

WETTSTEIN Handbuch der systematischen Biologie

Urania Pflanzenreich

W. ROTHMALER Allgemeine Taxonomie und Chorologie der Pflanzen

Kapitel 2

Übersicht über die großen Gruppen des Pflanzenreiches

Übersicht

1. Bezeichnung großer Organismengruppen
2. Einordnung der Viren
3. Merkmale prokaryotischer Zellen
4. Domäne Archaea
5. Domäne Bacteria
 - 5.1 Organisationstyp Bakterien
 - 5.2 Organisationstyp Prokaryotische Algen
6. Domäne Eukaryota
 - Fungi
 - 6.1 Organisationstyp: Schleimpilze
 - 6.2 Organisationstyp: Pilze
 - 6.3 Organisationstyp: Lichenes (*Flechten*)
 - 6.4 Organisationstyp: Phycophyta ("*Eukaryotische Algen*")
 - 6.5 Organisationstyp: Embryophyta (*Grüne Landpflanzen*)
7. Rückblick

Mini-Glossar	
Aplanobiota	Protobionta alle Eucaryota außer den Höheren Pflanzen und Tieren
Bakteriophagen	
Planobiota	saprophytisch
Protista eukaryotische Einzeller	temperente Phagen

Prokaryoten

Organisationstyp: Bakterien (Archaea, Bacteria)

Reich Archaea (Archaeobakterien)

Reich Bacteria (Eubakterien)

1. Abt. Posibacteriota, grampositive Eubakterien

2. Abt. Negibacteriota, gramnegative Eubakterien

Organisationstyp: Prokaryotische Algen

3. Abt. Cyanobacteriota, Cyanophyta, Blaualgen

4. Abt. Prochlorobacteriota, Prochlorophyta

Eukaryoten

Reich Eucarya

Organisationstyp: Schleimpilze

1. Abt. Acrasiomycota

2. Abt. Myxomycota

3. Abt. Plasmodiophoromycota

Organisationstyp: Pilze

4. Abt. Oomycota

5. Abt. Eumycota

Organisationstyp: Flechten

Organisationstyp: Eukaryotische Algen

6. Abt. Glaucophyta

7. Abt. Euglenophyta

8. Abt. Cryptophyta

9. Abt. Chlorarachniophyta

10. Abt. Dinophyta

11. Abt. Haptophyta

12. Abt. Heterokontophyta

13. Abt. Rhodophyta, Rotalgen

14. Abt. Chlorophyta, Grünalgen

Organisationstyp: Embryophyten; Grüne Landpflanzen

15. Abt. Bryophyta, Moose

16. Abt. Pteridophyta, Farnpflanzen

17. Abt. Spermatophyta, Samenpflanzen

(“Imperium”) Procaryota

1. Reich Archaeobacteriobiota

2. Reich Bacteriobiota

1. Abt. Bacteria

2. Abt. Cyanobacteria

3. Abt. Prochlorobacteria

(“Imperium”) Eucaryota

1. Abt. Myxomycota

2. Abt. Oomycota

3. Abt. Chytridiomycota

4. Abt. Eumycota

5. Abt. Rhodophyta

6. Abt. Cryptophyta

7. Abt. Dinophyta

8. Abt. Chromophyta

9. Abt. Euglenophyta

10. Abt. Chlorophyta

11. Abt. Bryophyta

12. Abt. Pteridophyta

13. Abt. Spermatophyta

A

B

Tabelle 2.1: Gegenüberstellung der Systeme aus (SITTE ET AL., 1998) (A) und (JACOB ET AL., 1994) (B)

2.1 Bezeichnungen großer Organismengruppen

- Unterschied zwischen pro- und eukaryotischem Zellbau wichtigster Einschnitt in die Organismenwelt (JACOB ET AL., 1994)
- in (JACOB ET AL., 1994) nicht mehr verwendete Kategorien mit Charakterisierung

- Reich Pilze (*Fungi*)
 - * heterotroph
 - * ohne Plastiden und echte Gewebe
 - * meist mit Zellwand
 - * ohne freie Ortsbewegung
- Reich Protista
 - * eukaryotische Einzeller
 - * auto– oder heterotroph
- Protobionta
 - * alle *Eucaryota* außer den Höheren Pflanzen und Tieren
- Algen (*Algae*)
 - * alle thallösen autotrophen Organismen ohne Gonitangien–Bildung
 - * Blaualgen unbedingt abzutrennen (JACOB ET AL., 1994)
 - prokaryotische Organisation
 - als *Cyanobacteria* zu den *Procaryota*
- Flechten (*Lichenes*)
 - * mehrfach unabhängig voneinander entstandene Symbiosen
 - * verschiedene Pilzgruppen mit Algen oder Cyanobakterien
- Nacktsamer (*Gymnospermae*)
 - * Samenpflanzen, deren Samenanlagen nicht in einen Fruchtknoten eingeschlossen sind
- Aplanobiota
 - Echte Pilze (*Eumycota*) und Rotalgen (*Rhodophyta*)
 - primäre Geißellosigkeit (JACOB ET AL., 1994)
 - aber:
 - * nach 18S–rRNA–Stammbaum *Eumycota* eventuell sekundär unbegeißelt! (JACOB ET AL., 1994)
 - vgl. System in (SITTE ET AL., 1998)
- Planobiota
 - alle übrigen Eukaryoten
 - durch die “2 + 9x2”–Geißel als monophyletisch charakterisiert (JACOB ET AL., 1994)

2.2 Einordnung der Viren

- keine Lebewesen
 - können sich nicht selbständig reproduzieren
 - zur Vermehrung auf Stoffwechsel eines Wirtes angewiesen
 - “Viren leben nicht, sondern werden gelebt”

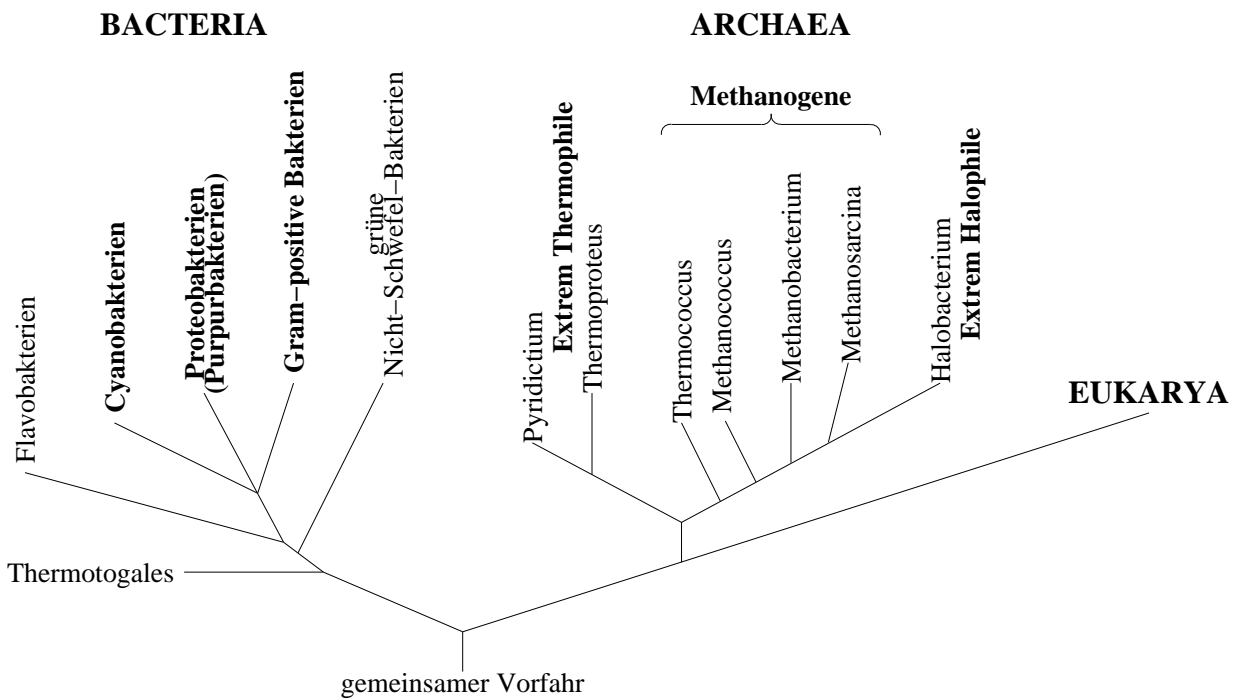


Abbildung 2.1: Phylogenetische Klassifizierung der Organismen nach drei Domänen auf Basis der ribosomalen RNA-Sequenzierung durch WOESE, nach (FRITSCH, 1999)

- zur Diskussion um die Zugehörigkeit zu den Lebewesen:

“Die für die Organismen charakteristischen Moleküle sind weit mannigfaltiger als jene, welche sich in der unbelebten Natur — z. B. in komplexen Gesteinsformationen, um Boden, in Mineralwässern oder in der Atmosphäre — finden. Sie sind außerdem meist größer und weit komplizierter gebaut als die einfachen Salzmischungen und Elemente der Erdkruste... Die Abgrenzung der Lebewesen gegen die unbelebte Natur ist also ganz scharf, *auch die Viren haben sie nur scheinbar verwischt.*”

(CZIHAK ET AL., 1996, S. 1; Hervorhebung vom Verfasser)

- generelle Merkmale (SITTE ET AL., 1998)
 - keine selbständigen Organismen
 - besitzen stets nur einen Typ von Nucleinsäuren
 - können nur in lebenden Zellen reproduziert werden
 - zeigen weder Wachstum noch Teilung
 - Fehlen aller für Bakterien kennzeichnender Strukturen
 - * trotzdem teilweise recht hohe morphologische Organisation
 - vgl. insbesondere *Bakteriophagen*
- Bakteriophagen
 - spezifisch Bakterien befallende Viren
 - heute Versuch des gezielten Einsatzes zur Krankheitsbekämpfung
 - Ablösung der Antibiotika

Evolutionstheoretische Interpretation — Herkunft der Viren

SITTE ET AL. (1998)

- aus genetischem Material von Zellen
- selbständig gewordene Gene
 - haben sich dem Steuerungseinfluß der Zelle entzogen
 - lenken ihrerseits den Stoffwechsel der Zelle auf ihre Synthese um
- vielleicht teilweise auch durch extreme Reduktion aus pathogenen (krankheitserregenden) Bakterien entstanden

HOFFMANN (1998)

- bevorzugt bei phylogenetisch jungen Pflanzen
- lange bei Algen und ähnlich alten Pflanzen spezifische Viren nicht bekannt
- genaue Herkunft ungeklärt

Bakteriophagen (SITTE ET AL., 1998)

- besonders hoch organisierte, relativ große Viren
 - Länge $\frac{1}{50} - \frac{1}{10} \mu\text{m}$
- Bestandteile
 - “Köpfchen” mit DNA als Inhalt
 - “Schwanz” aus Proteinen
- **lytischer Zyklus**
 1. Schwanzspitze heftet sich an der Oberfläche einer Bakterienzelle fest
 2. nur der DNA-Inhalt des Köpfchens dringt durch den hohlen Schwanz in den Bakterienleib ein
 3. nach einigen Minuten Freisetzung einiger hundert neuer Phagen
 - durch Auflösung (Lyse) der Bakterienzelle
 - durch Neubildung aus dem Plasma des Bakteriums entstanden (nicht durch Teilung)
 - Vorgang in der Wirtszelle
 - * Phagen-DNA schaltet sich in den Stoffwechsel des Wirtes ein
 - * steuert dessen genetischen Apparat hinsichtlich der Bildung spezifischer Phagen-Bestandteile anstelle der normalen Bakterienbestandteile um
- genetische Veränderungs-Möglichkeiten in der Wirtszelle
 - (a) Mutation
 - (b) Kreuzung
 - (c) Rekombination
 - führte zuerst zu der Annahme, es könne sich um Vorstufen des Lebens handeln

- aber: kein Stoffwechsel
 - * heutige Vorstellung: verselbständigte Teile von Bakterien–DNA
 - Fähigkeit der Selbstvermehrung in fremdem Plasma behalten
 - Neuerrungenschaft: Überdauerung in völlig inaktivem (latentem) Zustand außerhalb der Zelle
 - Bestätigung durch *temperente Viren* (s. u.)

temperente Phagen (SITTE ET AL., 1998)

- Phagen–DNA kann lange Zeit ohne Schaden mit der Bakterien–DNA mitrepliziert werden
 - “genetische Substanz” jener der Bakterien z. T. sehr ähnlich
 - können als Überträger von Bakterien–Genen dienen
 - Transduktion
 - **lysogener Zyklus**
 - Phagen–DNA wird als “Prophage” in die ringförmige Bakterien–DNA eingebaut
 - * crossing over–artige Vorgänge
 - wird parallel zur Bakterien–DNA bei Teilungen repliziert
 - große Ähnlichkeit im Verhalten von Plasmiden und temperenten Phagen
 - *Corynebacterium diphtheriae*
 - * Diphtherie–Erreger
 - * Gen für Toxinbildung liegt in der Prophagen–DNA
 - bei Verlust des Prophagens toxinfreier, nicht–pathogener Stamm
 - kann nur durch neue Phagen–Infektion wieder toxisch werden
 - *Escherichia coli*
 - * auffällige Übereinstimmung der Gensequenzen des Prophagen λ mit dem Wirt
 - Zusammenhang zum genauen Einpassen des Phagens in das Wirts–Genom
- Befunde sprechen für sehr engen genetischen Zusammenhang zwischen Bakteriengenom und Bakteriophagen

Gliederung (JACOB ET AL., 1994)

- noch nicht abgeschlossen
- Merkmalsgruppen
 1. Art der Nucleinsäure
 - DNA oder RNA
 2. Symmetrie
 - “kubisch” = polyedrisch
 - helikal
 - schraubig
 3. Außenhülle aus Lipoproteinen

- vorhanden oder fehlend
- 4. Genom
 - Nucleinsäure Einzel– oder Doppelstrang
- 5. Morphologie
 - isometrisch
 - tubulär
 - fadenförmig
 - quasiisometrisch
- mit ca. 2200 “Arten” wohl erst kleiner Teil der Formen bekannt

2.3 Merkmale prokaryotischer Zellen

- kleinste, einfachste und älteste Lebewesen
- Zellen Protocyten
 - kein eigentlicher Zellkern
 - * stattdessen DNA–Doppelstrang
 - *Nucleoid*
 - ringförmig geschlossen
 - nicht von Membran umgeben
 - nur Vorstufen von Membransystemen
 - * trotzdem Kompartimentierung (HOFFMANN, 1998)
 - keine Organellen
 - keine MTOC
 - * *Microtubule Organizing Centers*
 - * vgl. (BISKUP, 1999a)
 - keine “2 + 9x2”–Geißel
 - 16s–rRNA
 - 70S–Ribosomen
 - Zellteilung durch “irisblendenartige Durchschnürung” (JACOB ET AL., 1994)
- generative Vermehrung unbekannt
 - parasexuelle Vorgänge s. u.

2.4 Domäne Archaea

- entdeckt im Zuge der amerikanischen Weltraumforschung
 - durch die Entwicklung von Sonden zur Aufspürung von Leben
- seit 1978 von den übrigen *Procaryota* abgetrennt (JACOB ET AL., 1994)

- Abweichungen in fundamentalen Struktur- und Stoffwechseleigenschaften
 - * keine Murein-Zellwand
 - * Lipide aus Glycerol-Ethern
 - statt Fettsäure-Glycerinresten
 - * primäre CO₂-Fixierung über den Carbonsäure-Cyclus
 - statt CALVIN-Cyclus
 - * unterschiedliche Struktur der RNA-Polymerasen
 - * abweichende Basensequenzen in der 16S-rRNA
- wichtig für die Betrachtung der Besonderheiten der Archaea (BISKUP, 2000)
 - grundlegende Gemeinsamkeiten mit den Bacteria und Eukaryota
 - läßt nach FRITSCHKE (1999) auf gemeinsamen Ursprung aller Organismen schließen
- wesentliche Charakteristika (FRITSCHKE, 1999)
 - Komponenten der Translations- und Transkriptionssysteme
 - Membranstruktur
 - Zellwandstruktur
 - Mechanismus der CO₂-Fixierung
- entsprechen in der Gestalt den Bakterien
 - stets einzellig
- sollen sich wie Bakterien vor über 3.5 Mrd. Jahren aus “Progenoten” entwickelt haben (JACOB ET AL., 1994)
- stärkere Beziehung zu Eukaryoten als zu Eubakterien (SITTE ET AL., 1998)
 - in einer Anzahl biochemischer Merkmale
 - unterstreicht Sonderstellung innerhalb der Prokaryoten
- detailliertere Beschreibung
 - vgl. BISKUP (2000)

Methanbakterien (SITTE ET AL., 1998)

- Methan-produzierende (methanogene) Anaerobier
- morphologisch vielfältig
- physiologisch recht einheitlich
 - zur autotrophen Lebensweise mit CO₂ und H₂ als einziger Kohlenstoff- und Energiequelle befähigt
- Aufbau der Zellhülle sehr unterschiedlich
 - weder untereinander noch gegenüber den Eubakterien große Ähnlichkeiten

Halobakterien

- *Halobacteriales* (SITTE ET AL., 1998)
 - leben an extremen Standorten
 - hohe Temperaturen
 - nahezu gesättigte Salzlösungen
 - besitzen *Bakteriorhodopsin*
 - kann Strahlungsenergie nutzen
 - * dient dem Aufbau eines Gradienten
 - * ATP-Bildung
 - lichtgetriebene Protonenpumpe
 - Phototaxis
 - * Taxis — freie Bewegung
 - * von verschiedenen Rhodopsinen verwirklicht
 - * in einem Bakterium 6-8 Rhodopsine
 - Isomerisierung
 - * in Halobakterien kein Elektronentransport
 - * Elektronentransport aber grundlegendes Prinzip der Photosynthese
- Bestrebungen, die Archaeobakterien in der Systematik als eigenes Reich zu repräsentieren (*Archaeobacteriobiota* (JACOB ET AL., 1994))

2.5 Domäne Bacteria**2.5.1 Organisationstyp Bakterien****2.5.1.1 Abt. Eubacteriophyta (*Reich Bacteria*)**

- Bezeichnung und Systematisierung
 - Abt. Eubacteriophyta (HOFFMANN, 1998)
 - Abt. Bacteria (JACOB ET AL., 1994), vgl. Tab. 2.1 (S. 12)
 - Reich Bacteria (Eubakterien) (SITTE ET AL., 1998), vgl. Tab. 2.1
- erste Entdeckung 1683 durch LEEUWENHOEK
- vielfältige Formen
- Bau
 - Zellwand
 - * nicht aus Cellulose
 - * Bestandteile: Lipide und Proteine
 - * Murein-Zellwand
 - kein Zellkern

- Thylakoide
 - * flache Doppelmembranen im Cytoplasma
 - * gehen aus Ausstülpungen der Plasmamembran hervor
 - * tragen Photosynthesepigmente
 - * führen Lichtreaktionen mit Wasserspaltung aus
- Geißeln
 - * besondere Membranstruktur
 - * Radprinzip
 - einziges bekanntes Vorkommen in der Natur
 - * Maximalgeschwindigkeit ca. $20 \frac{\mu\text{m}}{\text{s}}$
 - * \varnothing ca. $20 \mu\text{m}$
 - kleiner als ein einzelner Mikrotubulus der Eukaryotengeißel
 - * Antriebskraft für die Rotation durch Protonengradient zwischen Medium und Geißelinnerem
 - *proton motive force*, (PMF)
 - wird aus der Atmung mit Energie gespeist
- Vorkommen (JACOB ET AL., 1994)
 - geringe Größe
 - große relative Oberfläche
 - * hoher Stoffumsatz
 - Atmungsintensität bezogen auf Trockengewicht mehrere 100mal höher als in Blattgewebe
 - * rasche Vermehrung
 - Generationsdauer z. T. nur 20 min
 - * große Individuenzahl
 - im Abwasser bis 10 Mrd./g
 - im Boden 100 Mio./g
 - im Trinkwasser möglichst $<50/g$
 - * rasche und weite Verbreitung
 - über die ganze Erde
 - in Boden, Wasser und Luft
 - Vermehrung
 - Teilung
 - Sporenbildung
 - * nur bei Bazillen
 - * inäquale Teilung, führt zur Sporenbildung
 - * Sporenbildung vor dem eintretenden, vitale Formen zerstörenden Ereignis
 - * Problem: Signalerfassung als Auslöser für die Sporenbildung
 - sog. *Praearmsignale*
 - Mechanismen vollkommen unbekannt
 - parasexuelle Vorgänge (JACOB ET AL., 1994)

- bei einigen Arten
- Übertragung von DNA–Stücken von einer Spender– auf eine Empfänger–Zelle
 - * durch direkten Kontakt über fadenförmige Sexualpili
 - “Konjugation”
 - * indirekt durch Bakteriophagen
 - Transduktion
 - * durch isolierte DNA
 - Transformation
- Übertragung von Resistenzfaktoren auf Krankheitserreger möglich
 - schwerere Bekämpfbarkeit
- technische/wissenschaftliche Bedeutung
 - * gentechnischer Einbau von Eukaryoten–DNA in Bakterienplasmide
 - Produktion von Insulin, Wachstumshormon, Interferon
- Ernährungsweise
 - photoautotroph
 - * Photosynthese ohne O₂–Freisetzung
 - * Purpurbakterien
 - * grüne Schwefelbakterien
 - chemoautotroph
 - * nur bei Prokaryoten
 - * farblose Schwefelbakterien
 - * nitrifizierende Bakterien
 - * Knallgasbakterien
 - * Bsp.: *Rhizobium leguminosarum*
 - überträgt Wasserstoff auf Luftsauerstoff
 - *Nitrogenase* katalysierendes Enzym
 - * Leguminosen (Knöllchen)
 - Nitrogenase sauerstoffempfindlich
 - enthalten leg-Hämoglobin
 - garantieren so O₂-Freiheit
- Lebensweise
 - saprophytisch
 - * am häufigsten
 - parasitisch
 - * seltener
 - * meist fakultativ
 - * Parasiten können durch Toxine pathogen sein
 - * bevorzugen neutrales bis alkalisches Substrat
 - Gegensatz zu Pilzen

- viele Erreger tierischer und menschlicher Krankheiten
 - wenige Erreger pflanzlicher Krankheiten
- * phytopathogene Bakterien
 - Erreger pflanzlicher Krankheiten
 - verursachen meist durch Auflösen der Mittellamelle Gewebetot
- Bedeutung
 - Reduzenten
 - * aerob: Verwesung
 - * anaerob: Fäulnis, Gärung, Stickstoffmineralisation
 - Krankheitserreger
 - * von Mensch und Tier
 - * biologische Schädlingsbekämpfung
 - Symbionten
 - * Haut- und Darmflora des Menschen und der Tiere
 - * Luftstickstoffbinder in Leguminosen-Wurzelknöllchen
 - biologische Synthese
 - * Proteine auf Erdöl- und Methanol-Basis
 - * Vitamine
 - * Antibiotika
 - * Enzyme
 - * Impfstoffe
 - Gärung
 - * Silage
 - * Käse
 - * Sauergemüse
 - * Essigsäure
 - Leaching
 - * Herauslösen von Metallen aus z.T. niedrigprozentigen Kupfer- und Uranerzen

2.5.2 Organisationstyp Prokaryotische Algen

2.5.2.1 Abt. Cyanophyta (*Cyanobacteria*)

- *Oxyphotobacteria*, *Blualgen*
- vielfältige Formen
- Charakteristik
 - photoautotrophe Prokaryoten
 - gramnegativ
 - stets unbegeißelt
- Organisationsformen

- einzellig
- coenobial (Zellverband)
- mehrzellig
- Unterscheidung zu *Eubacteria*
 - andersartige Photosynthesepigmente
 - O₂-Freisetzung bei der Photosynthese
 - ø 5–10x größer als Bakterienzelle
- betreiben Photosynthese
 - Wasser als H₂-Donator
 - **O₂-Freisetzung**
 - * erste ökologische Katastrophe (HOFFMANN, 1998)
 - “global gas warfare” (MONASTERSKY, 1998)
 - * O₂ greift Bindungen organischer Moleküle an (CAMPBELL, 1997)
 - vermutlich Grund für das Verschwinden vieler Prokaryoten
 - * Überleben mancher anaerober Formen in anaeroben Habitaten (CAMPBELL, 1997)
 - Nachkommen noch heute dort zu finden
 - unterschiedliche Nutzung der entstehenden Protonen und Elektronen (HOFFMANN, 1998)
 - (a) Bildung von Wasserstoff
 - (b) Bildung von Kohlenhydraten (CALVIN-Zyklus)
 - (c) Bindung von Luftstickstoff
 - höchste Form der Autotrophie
- Photosynthesepigmente
 - Chlorophyll a
 - Xanthophylle
 - Carotine
 - Phycobiline
 - * blaues Phycocyanin
 - * rotes Phycoerythrin
 - *Cyanophyta* blaugrün, olivgrün, violett oder schwarz gefärbt
 - Unterteilung
 - * Hauptpigmente
 - Reaktionszentren
 - bei allen H₂-mobilisierenden, O₂-abgebenden Organismen Chlorophyll a
 - * Hilfspigmente
 - nur zur Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie
 - sammelt Energie
 - bei Energieüberschuß Dissipation
 - Carotinoide

· Phycobiline (*Phycoerythrin*, *Phycocyan*)

- chromatische Adaptation
 - Modifikation des Pigmentspektrums in Anpassung an die Lichtverhältnisse
 - Cyanophyta im Wasser
 - * an der Wasseroberfläche bessere Photosyntheseleistung
 - * unten Mineralstoffe
 - Wanderung
 - * Aufenthalt in oberen Schichten
 - *Phycocyanin* aktiv
 - * in unteren Schichten
 - *Phycoerythrin* aktiv
 - * Höhenregulation durch in speziellen Vakuolen gespeichertes O₂
 - Gasvakuolen, s. u.
- Heterocysten
 - Orte der N₂-Bindung
 - * s. u., “Zelldifferenzierung”
 - Nitrogenase-haltig
 - Trennung von O₂-Freisetzung und N₂-Bindung durch Kompartimentierung
 - * Hydrogenase wie Nitrogenase sauerstoffempfindlich
- bei einzelligen Blaualgen zeitliche Kompartimentierung
 - tagsüber Photosynthese
 - nachts N₂-Fixierung mit gespeichertem H₂
- Zellbau (JACOB ET AL., 1994)
 - Zentroplasma
 - * im Zentrum
 - * farblos
 - * mit Nucleoid
 - Chromatoplasma
 - * umgibt Zentroplasma
 - * unscharf abgegrenzt
 - * Thylakoide mit Photosynthese-Pigmenten
 - Gasvakuolen
 - * bei planktischen Formen
 - s. o., “chromatische Adaption”
 - * fehlen bei Eukaryoten
 - Zellwand
 - * aus Murein

- * eingelagert Lipopolysaccharide
- Vermehrung (JACOB ET AL., 1994)
 - nur vegetativ
 - 1. Zweiteilung
 - *Plasmotomie*
 - Spaltung
 - 2. Nanocyten–Bildung
 - simultane Vielfachteilung
 - innerhalb einer stark anwachsenden Zelle mit fester Schleimhülle
 - 3. serielle Ablösung von Exocyten
 - 4. Hormogonienbildung
 - Fragmentation von Fäden
- Zelldifferenzierung (JACOB ET AL., 1994)
 - bei mehrzelligen Arten
 - erstmaliges Auftreten in der Evolution
 - morphologisch und funktionell
 - *Heterocysten*
 - * dickwandig
 - * pigmentarm
 - * Orte der Luftstickstoffbindung
 - *Akineten*
 - * *Dauerzellen*
 - * reich an Reservestoffen
 - * können Jahrzehnte überdauern
 - * Keimung durch Verschleimen
 - * mit Riß oder Deckel
- ökologie und Bedeutung (JACOB ET AL., 1994)
 - Primärproduzenten
 - * meiste Arten
 - * Lebensweise
 - planktisch
 - festsitzend
 - als Überzug höherer Pflanzen und des Bodens
 - Stromatolithen¹
 - * mit die ältesten Lebensspuren auf der Erde
 - * ca. 3,5 Mia. Jahre alt

¹vgl. "The Rise of Life on Earth", in: National Geographic, vol. 193, no. 3, March 1998, pp. 54–81

- Bindung von Luftstickstoff
 - Nitrogenase
- Symbionten
 - * in Flechten
 - * in farblosen Flagellaten und Rhizopoden
 - assimilierende Endosymbionten (*Cyanellen*)
- Systematik (HOFFMANN, 1998)
 - morphologisch
 - * besonders bezüglich der Zellzahl und Zellteilung
 - Chemotaxonomie
 - * Einteilung nach biochemischen Kriterien
 - * stimmt oft nicht mit morphologischem Befund überein

2.5.2.2 Abt. Prochlorophyta (*Prochlorobacteria*)

- Vorstufe der Grünalgen (HOFFMANN, 1998)
- theoretische Bedeutung (JACOB ET AL., 1994)
 - Ableitung der *Chlorobionta* nach der Endosymbionten–Hypothese
 - * Chlorobionta (JACOB ET AL., 1994)
 - Grünalgen und Embryophyta zusammenfassendes Unterreich
- echte Prokaryoten
- Photosynthesepigmente
 - *Chlorophyll a*
 - als Hilfspigmente *Chlorophyll b*
 - bei einigen neben *Chl b* in Spuren *Phycobiline*
 - entspricht der Pigmentausrüstung der Höheren Pflanzen
- Systematik
 - 1 Klasse: *Prochlorophyceae*
 - 1 Ordnung: *Prochlorales*
 - 1 Gattung: *Prochloron*
 - 3 Arten
 - * *Prochloron didemni*
 - epizoischer Symbiont auf Ascidien-Kolonien (Seescheiden)
 - * *Prochloron spec.*
 - Endosymbiont auf *Ascidien*²
 - * *Prochlorotrix spec.*
 - freilebende fädige Arten

²Seescheiden, artenreichste Klasse der Manteltiere, sessile Meeresbewohner (HERDER VL., 1983ff.)

2.6 Domäne Eukaryota

- im Vergleich zu den Prokaryoten echter Zellkern (*Nucleus*)
- DNA
 - im Nucleus
 - Mitochondrien: plasmidähnliche DNA-Moleküle
 - * mtDNA
 - * codiert maximal 5% der Mitochondrien-Proteine
 - * vgl. (BISKUP, 1999a)
 - Plastiden: plasmidähnliche DNA-Moleküle
 - * ptDNA bzw. ctDNA
 - * Teil der Proteine Kern-codiert
 - * vgl. (BISKUP, 1999a)
- Geißeln
 - nicht nach dem Radprinzip
 - 9+2-Muster
 - * vgl. (BISKUP, 1999a)
 - bei allen Eukaryoten gleich

Merkmal	Protocyte	Eucyte
Zellgröße	0.5 – 3 μm	10 – 100 μm
Zellkern	-	+
DNA	Bakterienchromosom	Chromosomen
Organellen	-	Mitochondrien, Plastiden
Ribosomen	70S	80S
Zellwand	Peptidoglycan	falls vorhanden, Zusammensetzung divers

Tabelle 2.2: Vergleich Procyte — Eucyte; aus (BISKUP, 1999a)

Fungi (*Mycota*, *Pilze*)

Systematik

- vgl. Kap. 2.1, S. 13
- Bezeichnung hier nur aufgeführt, da sie von Prof. Hoffmann benutzt wurde
 - vgl. Vorbemerkungen
- früher (JACOB ET AL., 1994)
 - Abteilungen 1–4 als “Fungi” zusammengefaßt
 - * 1. Abt. Myxomycota, Schleimpilze

- * 2. Abt. Oomycota
- * 3. Abt. Chytridiomycota, Flagellatenpilze
- * 4. Abt. Eumycota, Echte Pilze
- alle untereinander nicht verwandt
- Abt. 1–3 zu den *Planobiota* zu stellen
 - typische Eukaryoten–Geißel
- in (JACOB ET AL., 1994) vorgeschlagenes System (vgl. auch Tab. 2.3)
 - Abt. Myxomycota
 - * entsprechen weitgehend den Rhizopoden
 - * abgesehen von den cellulosebewandeten Sporen
 - Abt. Oomycota
 - * ähneln in Cellulosewand und heterokonten Schwärmern den *Xanthophyceae*
 - Abt. Chytridiomycota
 - * stehen isoliert
 - Abt. Eumycota
 - * werden wegen des Fehlens der Geißeln nicht mehr an diese Gruppe angeschlossen

Reich Eucarya

<i>Organisationstyp: Schleimpilze</i>	(“Imperium”) Eucaryota
1. Abt. Acrasiomycota	1. Abt. Myxomycota
2. Abt. Myxomycota	1. Klasse Myxomycetes
1. Klasse Myxomycetes	2. Klasse Acrasiomycetes
2. Klasse Protosteliomycetes	3. Klasse Plasmodiophoromycetes
3. Abt. Plasmodiophoromycota	2. Abt. Oomycota
<i>Organisationstyp: Pilze</i>	1. Klasse Oomycetes
4. Abt. Oomycota	2. Klasse Hyphochytriomycetes
5. Abt. Eumycota	3. Abt. Chytridiomycota
1. Klasse Chytridiomycetes	4. Abt. Eumycota
2. Klasse Zygomycetes	1. Klasse Zygomycetes
3. Klasse Ascomycetes	2. Klasse Ascomycetes
4. Klasse Basidiomycetes	3. Klasse Basidiomycetes

A

B

Tabelle 2.3: **Das System der Pilze:** Gegenüberstellung von (SITTE ET AL., 1998) (A) und (JACOB ET AL., 1994) (B)

Charakterisierung (HOFFMANN, 1998)

- Aplanobiota (JACOB ET AL., 1994)
 - Kategorie der *Eucaryota*
 - primär geißellos

- *Eumycota, Rhodophyta*
- Gegenteil: Planobiota
 - * “2 + 9x2”-Geißel
 - * alle Eukaryoten außer den beiden oben genannten Gruppen
- beide Begriffe nur bei (JACOB ET AL., 1994)!
- Zellwand aus Chitin
- keinerlei Plastiden
 - keine plastidenspezifischen Farbstoffe
 - typische Sekundärfarbstoffe

Sekundärstoffe Entstehen aus den Primärstoffen des Primärstoffwechsels. Sie werden in der Regel in der Vakuole gespeichert. Funktionen: Hormone (*Phytohormone*), Speicherstoffe, Duft- und Lockstoffe, Abwehrstoffe (*Phytoalexine*), Gifte als Schutz gegen Tierfraß, Pigmente bei der Photosynthese; oft Bedeutung für die Pflanze völlig unbekannt. (HERDER VL., 1983ff.)
- Morphologie
 - Ausgangspunkt der Entwicklung: Spore
 - * bildet Hyphe
 - Hyphe
 - * Zellfaden
 - * stellt den Grundkörper der Pilze dar
 - * kann sich unterschiedlich vernetzen
 - Mycel
 - * vernetzte Hyphen
 - Plectenchym
 - * Schein- bzw. Flechtgewebe, dicht verflochtene Hyphen
- Ernährung: heterotroph
 1. saprophytisch
 - Bedeutung in der ökologie
 - erzeugen in großer Menge Ektoenzyme³
 - * Spaltung von Lignin (*Holzstoff*) und Cellulose
 - * daher wichtige *Destruenten*
 2. parasitisch
 3. symbiontisch
 - Flechten
 - Mykorrhiza
- Pilzgifte (HOFFMANN, 1998)

³durch Exocytose nach außen abgegebene Enzyme

- direkte Pilzgifte
 - * meist peptidartige Nervengifte
- sekundäre Pilzgifte
 - * primär ungiftige Stoffwechselprodukte der Pilze
 - werden im Stoffwechsel des Konsumenten in Gifte umgewandelt

2.6.1 Organisationstyp: Schleimpilze

- Kennzeichen
 - Plasmodien
 - * Plasmamassen
 - * zellwandlos
 - * vielkernig
 - * amöboid beweglich
 - Entstehung der Plasmodien:
 1. als Aggregationsplasmodium
 - * Myxamöben kriechen zu Plasmaanhäufungen zusammen
 - * behalten individuelle Selbständigkeit
 2. als Fusionsplasmodium
 - * Myxamöben oder Myxoflagellaten verschmelzen miteinander
 - diploides, vielkerniges Fusionsplasmodium
 3. ungeschlechtlich aus einer Einzelzelle
 - * durch Kernteilungen ohne Zellteilungen
- Vermehrung
 - durch Sporen
 - * entstehen in besonderen Fruchtkörpern (*Sporokarpen*)
 - * Ausnahme: endoparasitische Formen
 - begeißelte Stadien
 - * verfügen über zwei glatte, meist ungleich lange Geißeln
- Verwandtschaft
 - keine direkten Beziehungen zwischen den Abteilungen innerhalb der Schleimpilze (SITTE ET AL., 1998)
- gemeinsame Merkmale mit den *Protozoa* (SITTE ET AL., 1998)
 1. Heterotrophie
 - bei den meisten Formen phagotroph durch Aufnahme ganzer Partikel
Heterotrophie organische Substanzen sind die Kohlenstoff-Quelle
 2. amöboide Stadien
 3. Fehlen von Zellwänden
 - zumindest in vegetativen Lebensphasen

→ u. a. Einordnung der Schleimpilze in das Tierreich als *Mycetozoa*

* Grenzen zwischen Tier- und Pflanzenreich auf niederen Evolutionsstufen fließend

- wichtige Erkenntnis (SITTE ET AL., 1998)
 - Schleimpilze nicht einfach an die Pilze s. str. anschließbar
 - als eigene Äste des Stammbaumes aufzufassen
 - * haben sich früh herausgebildet

2.6.1.1 Abt. Myxomycota

- *Schleimpilze*
- heterotroph
 - phagotroph oder parasitisch
- Entstehung des Plasmodiums (SITTE ET AL., 1998)
 1. durch Fusion von Myxoflagellaten oder Myxamöben
 2. aus Einzelzellen ohne vorausgehende geschlechtliche Vorgänge
- im Lebenszyklus Auftreten begeißelter Keimzellen
- Zellwände
 - nur in bestimmten Lebensstadien sichtbar
 - aus Galactosamin und Cellulose
- vegetative (somatische) Phase
 - diploid
 - Fusionsplasmodium
 - * vielkernig
 - * nicht zellulär untergliedert
 - phagotroph
- Fruchtkörper
 - *Sporokarpe*
 - entwickeln sich aus den Plasmodien
 - * Plasma verhärtet sich durch Wasserverlust
 - bildet charakteristische Strukturen
- Sporen
 - mindestens zweiwandig
 - entwickeln sich aus dem Zellkerne enthaltenden Teil des Plasmodiums
- Diplont
 - gametischer Kernphasenwechsel
- Zusammenlagerung der Amöben wahrscheinlich durch cAMP ("*Acrasin*") (HOFFMANN, 1998)

2.6.2 Organisationstyp: Pilze

- keine Plastiden
 - kein Chlorophyll
- Lebensweise
 - saprophytisch oder parasitisch
 - im Süßwasser oder auf dem Land, selten im Meer
- manche Formen auch bezüglich des Stickstoffes heterotroph
- eukaryotische, *Thalli* (Lager) bildende Organismen
- Sonderstellung
 - aber: traditionsgemäß zusammen mit den Pflanzen behandelt
- kein Plasmodium
- Thallus
 - meist von Zellwand umgeben
 - * aus Chitin, Cellulose, Glucanen, ...
- Vegetationskörper
 - häufig fädig
 - Hyphe
 - * einzelner Pilzfaden
 - Mycel
 - * Gesamtheit der Hyphen außerhalb von Fruchtkörpern
 - Flechtthalli
 - * Verflechtung der Hyphen in den Fruchtkörpern

Organisationsstufen (SITTE ET AL., 1998)

1. nackte parasitierende Protoplasten
2. Rhizoidmycel
 - kernhaltige Blase
 - zerteilt sich im Substrat in fädige, kernlose Ausläufer
3. Sproßmycel
 - Thallus aus tropfenförmigen oder etwas gestreckten Zellen
 - bilden durch Sprossung Tochterzellen
 - unvollkommene Abgliederung führt zu kurzen Ketten aneinanderhängender Zellen
 - Bsp.: Hefe

- leiten zum Pseudomycel über

4. Pseudomycel

- aus Sprossung hervorgegangene Zellen bleiben in kettenförmigem, verzweigten Verband

5. Hyphenmycel, Fruchtkörpergeflechte

- Thallus aus fädigen Zellen
 - Fäden meist verzweigt
 - z. T. siphonal
 - * ungegliedert schlauchförmig
 - oder trichal
 - * durch Querwände regelmäßig septiert
- Hyphen oft verfilzt bzw. zu Fruchtkörpern verflochten

Gliederung

- Phycomyceten
 - *Algenpilze*
 - frühere Bezeichnung für Pilze mit Thalli in Form blasiger Einzelzellen oder nicht septierter Hyphen
 - den Pilzen mit septiertem Hyphenmycel gegenübergestellt
 - Bezeichnung sollte nur auf die Oomycota beschränkt bleiben (SITTE ET AL., 1998)
- Pilze mit septiertem Hyphenmycel
 - Querwände von *Porus* durchbrochen
 - * einfach oder komplex
 - * meist offen
 - * gestattet den Durchtritt von Plasma und Kernen
 - Plasma innerhalb lebender Hyphen in lebhafter Bewegung

Vermehrung

- durch viele Arten von Keimzellen
- Sporen
 - endogene Entstehung
 - *Zoosporen, Planosporen*
 - * bei Wasserbewohnern
 - * begeißelte Schwärmer
 - *Aplanosporen*
 - * bei Landbewohnern
 - * unbegeißelt

- * mit Zellwänden umgeben
- *Meiosporen*
 - * entstehen auf geschlechtliche Vorgänge folgend
 - * nach der Meiose
- *Mitosporen*
 - * bilden sich nach mitotischen Teilungen
- Konidien
 - ungeschlechtlich gebildete Verbreitungsorgane höherer Pilze (HERDER VL., 1983ff.)
 - * *Nebenfruchtformen (Anamorphe)*
 - stets exogen gebildet
 - dienen der ungeschlechtlichen Fortpflanzung
 - * Ausnahme: überträger von ♂ Kernen bei der sexuellen Fortpflanzung
- Oidien
 - einzelne Zellen
 - entstehen durch Zerfall des Mycel
- Sklerotien
 - Dauerzustände
 - feste, knollige Hyphenverbände
- Rhizomorphe
 - Verflechtungen zu schnurähnlichen Strängen
 - meterlang
 - dienen der Ausbreitung

geschlechtliche Fortpflanzung

1. Iso-, Aniso-, Oogamie
 - Kopulation von Gameten
2. Gametangiogamie
 - Kopulation ganzer Gametangien
3. Gameto–Gametangiogamie
 - Kopulation von Gameten mit Gametangien
4. Konidio–Gametangiogamie
 - Kopulation von Konidien mit Gametangien
5. Somatogamie

- Kopulation zweier Thalluszellen
 - nicht als spezifische Sexualzellen differenziert
- Gametangien
 - nie von vielzelliger Wand umgeben
 - *nicht* als Antheridien und Archegonien bezeichnet!
 - Bezeichnungen
 - * ♂ und ♀ Gametangien
 - * ♂ Gametangien
 - Spermatogonien
 - Spermatangien
 - * ♀ Gametangien
 - Oogone
 - Ascogone
- Sporocysten
 - nie durch Wände aus sterilen Zellen geschützt
 - Bezeichnung als *Sporocysten*, nicht mehr als *Sporangien*
- vielfach vegetative Vermehrung vorherrschend
 - z. T. geschlechtliche Fortpflanzung unbekannt
 - oder im Verlauf der Stammesgeschichte verloren gegangen
 - “*Fungi imperfecti*”, *Deuteromycetes*
 - * vgl. S. 44
 - Nebenfruchtformen
 - * *Anamorphe*
 - * Thallusteile, die ohne Kernphasenwechsel vegetative Vermehrungskeime bilden
 - Hauptfruchtformen
 - * *Teleomorphe*
 - * Thallusteile, in denen Karyogamie und Meiose stattfinden
- Geschlechtsverteilung und Differenzierung in ♂ und ♀ Organe bzw. Keimzellen
 - oft nicht augenfällig
 - gespendeter Kern ♂
 - empfangender Kern ♀
 - Geschlechtsverteilung diözisch oder monözisch
- Diözie
 - *Zweihäusigkeit*
 - Mycel entweder nur Kernspender oder –Empfänger
- Monözie

- *Einhäusigkeit*
- jedes Mycel kann sowohl Kernspender als auch –Empfänger sein
- homothallische Pilze
 - bilden in Kulturen aus Einzelsporen Zygoten bzw. Fruchtkörper
- heterothallische Pilze
 - zwei Mycelien unterschiedlichen Kreuzungstyps (+ und -) notwendig
- homogenische Inkompatibilität
 - bei monözisch–heterothallischen Pilzen
 - Verschmelzung der Kerne eines einzigen Mycels unmöglich
 - * beruht auf mindestens 2 Allelen eines Kreuzungsfaktors
 - * mit + und - (oder anderen Symbolen) gekennzeichnet
 - Kerne mit *identischen* Anlagen (z. B. + u. +) verschmelzen *nicht*
- heterogenische Inkompatibilität
 - bei Kreuzung geographischer Rassen einer Art
 - aufgrund der Unverträglichkeit verschiedener Anlagen

Begeißelungs–Typen bei Zoosporen, Gameten (SITTE ET AL., 1998)

1. ophistokont
 - eine einzige glatte Schubgeißel
 - am hinteren Ende des Organismus inseriert
2. akrokont
 - eine einzige mit Flimmerhaaren besetzte Zuggeißel
 - am Bewegungsvorderende des Organismus inseriert
3. heterokont mit Flimmergeißel
 - zwei Geißeln
 - glatte Schleppegeißel
 - mit Flimmerhaaren versehene Zuggeißel
4. pleurokont (JACOB ET AL., 1994)
 - Geißelansatz seitlich

Vorkommen und Lebensweise (SITTE ET AL., 1998)

- durchweg heterotroph
 - v. a. auf dem Land
 - nur ca. 2% aquatisch
 - * meist im Süßwasser
 - * in neuerer Zeit wenige marine Arten bekannt geworden
1. Saprophyten
 2. biotrophe Parasiten
 - auf lebenden Organismen
 3. nekrotrophe Parasiten
 - rasches Abtöten lebender Organismen in einer parasitischen Phase
 - anschließend saprophytische Lebensweise auf den abgestorbenen Resten
 4. Symbionten
 - z. B. Mykorrhiza (vgl. Kap. 3, S. 42)
 - Flechten (vgl. Kap. 2.6.3, S. 44)

2.6.2.1 Abt. Oomycota

- früher *Phycomycota*
- Vielzahl von Parasiten
 - hauptsächlich bei Kulturpflanzen
- Unterschied zu den *Eumycota*
 - Cellulose-Zellwände
 - nierenförmige heterokonte Zoosporen
 - * kürzere Flimmergeißel nach vorn
 - * längere Peitschengeißel nach hinten

→ werden als *Oomycophyceae* in die *Chromophyta* eingeschlossen
- Thallus
 - verzweigtes, siphonales Mycel
 - selten fadenförmig (SITTE ET AL., 1998)
 - fast stets mit Cellulose-Wänden
- Befruchtung
 - Cystogamie (JACOB ET AL., 1994)
 - * keine beweglichen ♂ Gameten

- * ♂ Kerne gelangen durch Befruchtungsschläuche zu den Eizellen
- Gametangiogamie
 - * Verschmelzung von ♂ Gametangien mit Oogonien
 - * Gametangien bilden in die Oogonien einwachsende Befruchtungsschläuche
 - * nach der Befruchtung in den Oogonien Entwicklung von “Oosporen”
- Zoosporen
 - wenn bei der vegetativen Vermehrung vorhanden, dann heterokont begeißelt
- Diplonten
 - gametischer Kernphasenwechsel
- keine Flechtthalli- und Fruchtkörperbildung
- Progressionstendenzen (SITTE ET AL., 1998)
 - (a) Aufstieg vom Wasser- zum Landleben
 - (b) schrittweiser Ersatz von Zoosporen durch Konidien
 - (c) Übergang von hydrochorer⁴ zu anemochorer⁵ Ausbreitung
- Steigerung der biologischen Ansprüche
- Spezialisierung in den parasitischen Eigenschaften
 - * Übergang vom Saprophytismus zum Parasitismus
 - * Spezialisierung auf bestimmte Wirte und Wirtsorgane
 - * zuletzt nur partielle Schädigung des befallenen Wirtes
- Phylogenie (SITTE ET AL., 1998)
 - mit dem *Heterokontophyta* verwandt
 - * übereinstimmungen
 - heterokonte Begeißelung
 - siphonaler Thallusbau
 - Besitz von Cellulose-Wänden
 - * Unterschiede
 - Gametangiogamie bei Oomyceten stark abgeleitet
 - als Schwärmer bei Oomyceten lediglich Zoosporen (vegetative Vermehrung)

2.6.2.2 Abt. Eumycota

- heterotroph
- Plastiden stets fehlend
- Vegetationskörper

Wissenschaft
wird nie
mit der
Masse
gemacht!

⁴Hydrochorie: Wasserverbreitung

⁵Anemochorie: Windverbreitung

- meist Mycel
 - * verzweigtes System von *Hyphen*
 - wachsen an der Spitze
 - können in Fruchtkörpern *Plectenchyme* bilden
- seltener Sproßzellverbände
- Zellwände aus Chitin
- Kerne lange nebeneinander im Mycel
 - *Paarkernmycel*
 - Dikaryonten–Stadium (JACOB ET AL., 1994)
- vor Sporenbildung Kernverschmelzung
 - Zygote teilt sich sofort reduktiv
 - * bildet Sporen (*Gonosporen*)
- Septen
 - Querwände der Pilzhyphen
 - werden irisblendenartig von außen nach innen eingezogen
- benachbarte Protoplasten durch *Porus* in Kontakt
 - Hyphen unterscheiden sich von Zellen der Pflanzen
- Chromosomen
 - sehr klein
 - Chromatin verdichtet sich während der Kernteilung fast nicht
 - Mitosespindel
 - * kaum nachweisbar
 - * intranucleär
- System (HOFFMANN, 1998)
 1. Klasse *Protascomycetes*
 - einzellig
 - Bsp.: Hefepilz
 - * älteste Kultur-“Pflanze”
 2. Klasse *Ascomycetes*
 - *Ascus*
 - * Schlauch mit (i. d. R. acht) Sporen
 - Endosporen
 3. Klasse *Basidiomycetes*
 - *Basidie*
 - * Hyphe als Sporenträger
 - Exosporen
 - höchstentwickelte Pilze
- vgl. auch Tab. 2.3, S. 28 und S. 42

Vermehrung & Fortpflanzung (JACOB ET AL., 1994)

- ungeschlechtliche Vermehrung
 - durch Endosporen
- vegetative Vermehrung
 - (a) durch Exosporen
 - (b) oder Zerfall des Mycels in Einzelzellen
 - *Arthrosporen*
- vegetative und ungeschlechtliche Fortpflanzung schwer zu trennen
 - Exosporen können sich von ungeschlechtlichen Goniten ableiten
 - vegetative und ungeschlechtliche Sporen als *Konidien* zusammengefaßt
- Geschlechtsvorgang
 - Gametangiogamie (HOFFMANN, 1998)
 - (a) Cysto– oder Somatogamie (JACOB ET AL., 1994)
 - Cystogamie (JACOB ET AL., 1994)
 - * in einem oder beiden Geschlechtern keine Ausbildung von Gameten
 - * Fusion der Protoplasten ein– bis vielkerniger Zellen (*Gamocysten*)
 - ohne vorhergehende Gonitogonie miteinander oder mit Gameten
 - Somatogamie vgl. S. 34
 - (b) seltener Spermangiogamie
 - Spermangiogamie (JACOB ET AL., 1994)
 - * Sonderform der Cystogamie
 - * unbewegliche ♂ Gameten (*Spermantien*) fusionieren mit
 - einer Gynamocyste (*Ascogon*, *Karpogon*)
 - oder einer Empfängnishyphe
 - bei *Uredinales*, *Lecanorales*
- Geschlechtsverteilung
 - sehr mannigfaltig
 - vgl. S. 35
 - 1. *homothallische Pilze*
 - immer monözisch
 - bilden +(♂) und -(♀)–Kerne auf demselben Mycel
 - sexuelle Vereinigung
 - * Diplonten– oder Dikaryontenbildung
 - * auf einem einzigen haploiden Mycel möglich
 - 2. *heterothallische Pilze*
 - nur verschiedene Mycelien zur Sexualität fähig

- Grund
 - (a) genotypisch (selten auch morphologisch) diözisch
 - * viele *Endomyceten*, und *Zygomycetes*
 - (b) haploides Mycel bildet nur $+(\sigma)$ oder $-(\varphi)$ -Kerne verschiedener Kreuzungstypen
 - * bei monözischen Formen
- Selbstinkompatibilität
 - * bipolar
 - wenn nur durch ein Allelenpaar gesteuert
 - bei vielen *Ascomycetes* und *Basidiomycetes*
 - * tetrapolar
 - bei Steuerung durch zwei Allelenpaare
 - Befruchtung nur beim Zusammentreffen zweier Individuen möglich, die sich in beiden Allelen unterscheiden
 - bei vielen *Basidiomycetes*
- höhere Pilze
 - fruchtkörperbildende *Asco*- und *Basidiomycetes*
 - Vermehrung durch Meiosporen dominiert
 - Unterscheidung von Haupt- und Nebenfruchtform
 - Hauptfruchtform
 - * Thallusteile, in denen Karyogamie und Meiose stattfinden
 - Nebenfruchtform
 - * bildet ungeschlechtliche oder vegetative Vermehrungseinheiten
 - Mitosporen, Konidien
 - * große Bedeutung für Massenvermehrung
 - Fruchtkörper
 - * plectenchymatischer Körper, der die Meiosporocysten enthält

Lebensweise (JACOB ET AL., 1994)

- in allen Klimaten vorkommend
 - bei Vorhandensein von organischen C-Verbindungen und Wasser
- jede einzelne Art mit ganz spezifischen Ansprüchen an Substrat und Klima
 - *Eumycota* bevorzugen meist saures Milieu
 - häufig Erreger von Pflanzenkrankheiten
 - nur selten von Tier- und Menschenkrankheiten
 - *Mykosen*
 - oft auf der Haut
 - Erreger: “*Dermatomycceten*” (meist imperfekte *Ascomyceten*)

1. Saprophyten

- wichtige Bodenbildner
- gefährliche Holzzerstörer
 - Bsp.: Hausschwamm, Feuerschwamm
 - viele können auch das tote Holz lebender Gehölze befallen
 - Schädlinge in Forsten und Obstanlagen
 - * können sich mit Mycelsträngen auf andere Bäume ausbreiten

2. Parasiten

- obligat
 - an lebendes Wirtsgewebe gebunden
 - Bsp.: Mehltau (Ord. Erysiphales)
- fakultativ
 - besiedeln wahlweise lebendes oder totes Substrat
 - Bsp.: alle Pilzkrankheiten des Menschen
 - durch phytopathogene Pilze jährlich Vernichtung von 5–15% der Weltermte

3. Symbionten

- aus dem Parasitismus entwickelt
- Mykorrhiza
 - *Pilzwurzel*
 - besondere wirtschaftliche Bedeutung
- vesiculo–arbuskuläre Mykorrhiza (VAM)
 - von *Endogonales* gebildet
 - bei über 50% aller Samenpflanzen verbreitet
- Flechten
 - Symbiose mit Algen
 - vgl. *Lichenes*, Kap. 2.6.3 S. 44

System (JACOB ET AL., 1994)

- wird gegenwärtig stark überarbeitet (JACOB ET AL., 1994)
- einzig die Verwandtschaft der *Asco*– und *Basidiomycetes* sicher (JACOB ET AL., 1994)
- vgl. auch das System von Prof. Hoffmann, S. 39

1. Klasse *Zygomycetes*

- *Jochpilze*
- siphonales Mycel
- Cystogamie morphologisch gleicher Gameten
 - führt zu vielkerniger Hypno–Coenozygote
- Fruchtkörper
 - selten

– einfach

2. Klasse *Ascomycetes*

- *Schlauchpilze*
- Hyphenmycel mit einfachen Septenpori
- Cystogamie
 - mit verzögerter Karyogamie
 - Dikaryonten–Stadium
- Meiosporocyste
 - *Ascus*
- meist Fruchtkörperbildung

3. Klasse *Basidiomycetes*

- *Ständerpilze*
- Hyphenmycel meist mit komplizierten Septenpori
 - Doliporus
- meist Somatogamie
- Dikaryonten–Stadium dominierend
- Meiosporocyste
 - *Basidie*
- meist Fruchtkörperbildung

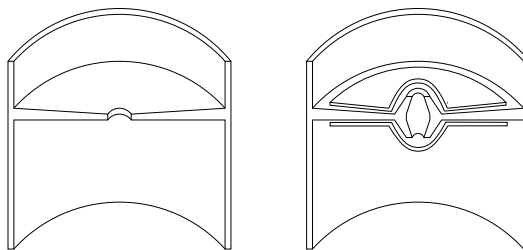


Abbildung 2.2: Porentypen, nach (JACOB ET AL., 1994); links Septenporus, rechts Doliporus mit Porenkappe

Progressionsrichtungen

- (a) Übergang von der Spermatisierung zu Cysto– und Somatogamie
 - zusätzlich weitere Vereinfachung der Sexualvorgänge
- (b) Ausbildung von Fruchtkörpern zunehmend komplizierteren Baus
- (c) zunehmende Dominanz der Dikaryophase

2.6.2.3 Deuteromycetes (“Fungi imperfecti”)

- ca. 30.000 Arten
- nur eine Lebensform bekannt
 - meist generative Lebensform unbekannt
 - nur Nebenfruchtformen (*Anamorphe*) bekannt (JACOB ET AL., 1994)
- unentschieden, ob Hauptfruchtform noch nicht bekannt oder verloren gegangen (SITTE ET AL., 1998)
- genetische Rekombination (SITTE ET AL., 1998)
 - trotz unterdrückter Sexualität
 - fehlende Hauptfruchtform
 - durch parasexuelle Vorgänge
 - * nach gelegentlicher Hyphenfusion verschiedener Individuen
 - (a) Fusion zu diploiden, heterozygoten Kernen
 - (b) mitotisches Crossing over
 - (c) Haploidisierung durch schrittweisen Verlust von Chromosomen
- künstliches System
 - Kriterium: Konidien–Ausbildung
- meiste Arten gehören zu den *Ascomycetes*, wenige zu den *Zygo–* und *Basidiomycetes*

2.6.3 Organisationstyp Lichenes (*Flechten*)

- Pionierorganismen
 - Vorposten des Lebens (SITTE ET AL., 1998)
 - dringen am weitesten in die Kältewüsten der Hochgebirge sowie Antarktis und Arktis vor (SITTE ET AL., 1998)
- Symbiose zwischen Algen und Pilzen
 - auch zwischen Blaualgen (Prokaryoten) und Pilzen
- Vorteil für den Pilz
 - Assimilate
- Vorteil für die Algen
 - unterschiedliche Sichtweise in der Wissenschaft
 - allgemein: längere Lebensdauer
- Einteilung
 - den entsprechenden bzw. nächstverwandten Taxa der Pilze zuzuordnen
 1. *Ascolichenes*

2. *Basidiolichenes*

- Abgrenzungen der Ordnungen und Familien nach dem Bau der Pilzfruchtkörper
 - * bieten am ehesten Merkmale für verwandtschaftsgerechte Gliederung
- poikilohydrisch
 - Wassergehalt des Organismus abhängig vom Wassergehalt der Atmosphäre
 - Gegenteil: homoiohydrisch
 - * Wasserhaushalt des Organismus vom Wassergehalt der umgebenden Atmosphäre weitgehend unabhängig
 - * tritt im Pflanzenreich nur bei den Kormophyten auf (HERDER VL., 1983ff.)
 - Voraussetzungen stellen hohe Ansprüche an Leistungsfähigkeit
 - * Voraussetzungen
 - leistungsfähiges Wurzelsystem
 - wirksames Abschlußgewebe
 - Fähigkeit zur Speicherung bzw. Weiterleitung des Wassers
 - vor allem die Möglichkeit zur Regulation des Gaswechsels voraussetzt
- Wand-Wand-Kontakt
 - (a) einfach, *Appressorium*
 - Pilzhyphen lagern sich dicht an die Algen an
 - (b) Haustorien
 - Saughyphen beim Pilzpartner der Flechten
 - intraparietal
 - * in die Wand eindringend
 - intrazellulär
 - * in die Zelle eindringend
- bei Algen in der Symbiose keine generative Vermehrung
- Bedeutung: Bioindikatoren
 - Beobachtung des Artenspektrums

Morphologie (SITTE ET AL., 1998)

- (a) vom Bau der Alge abhängig
 - sehr selten
 - u. a. bei Fadenflechten
 - Pilz umspinnt fädige Cyanophyceen
 - bei Gallertflechten
- (b) vom Bau des Pilzes abhängig
 1. Krustenflechten
 - langsam wachsend

- Thallus mit Unterlage fest verbunden
 - durchsetzt sie bis zu gewissem Grade
 - meist klar ausgeprägte Gestalt
- 2. Laubflechten
 - Thallus
 - meist flächig entwickelt
 - gelappt
 - mit dem Substrat durch Hyphenstränge (*Rhizinien*) verbunden
- 3. Nabelflechten
 - scheibenförmiger Thallus
 - nur in der Mitte befestigt
- 4. Strauchflechten
 - schmale Basis an der Unterlage
 - strauchförmige Verzweigungen

Histologie & Physiologie (SITTE ET AL., 1998)

1. homöomerer Bau

- \pm gleichmäßige Verteilung von Alge und Pilz
- Schleim einer Algenkolonie wird vom Pilz durchwuchert
- Rindenschicht
 - durch die Pilzhyphen an Ober- und Unterseite gebildet
 - * Hyphen schließen sich dichter zusammen
- Bsp.: Gallertflechten

2. heteromerer Bau

- Algen liegen in parallel zur Thallusoberfläche verlaufender Schicht
- Pilzhyphen der oberen Rindenschicht
 - schließen sich oft zu festem Geflecht zusammen
- Rinden
 - bei Laub- und Strauchflechten meist stärker differenziert als bei Krustenflechten
- Bsp.: Strauch- und Laubflechten, zahlreiche Krustenflechten

Symbiose (SITTE ET AL., 1998)

- Pilz umspinnt die Alge
- dringt in sie ein

1. Haustorien

- Ausstülpungen des Pilzes in das Innere der Algenzellen
- Pilz i. d. R. vom Algen-Protoplasten getrennt
 - * Alge kann Einbrüche mit Wänden abriegeln

2. Appressorien

- dringen nur in die Algenwände ein
- Alge kann mit Zellwandverdickung reagieren

• zweite Algenart

- bei manchen Flechten
- von der ersten systematisch wesentlich verschieden
- Lokation
 1. im Thallus selbst
 2. in *Cephalodien*
 - * kleine Thallusköpfchen
 - * enthalten Luftstickstoff bindende Blaualgen (Cyanobacteria, ↗ Bacteria)
 - * bei Flechten, die sonst nur Grünalgen im Thallus führen

• Flechtenparasiten

- zweiter Pilz
 - * “Parasymbiont” oder echter Parasit
- parasitäre Flechten
 - * nisten sich in Thalli anderer Arten ein

Fortpflanzung & Vermehrung (SITTE ET AL., 1998)

• Algen

- im Flechtenthallus nur vegetative Vermehrung
- Zellen größer als im freilebenden Zustand
 - offenbar als Symbionten in ihrer Teilung gehemmt

• Pilze

- entwickeln ihre typischen Fruchtkörper
 - * Apothecien (HERDER VL., 1983ff.)
 - offen
 - becher- bis schüsselförmig
 - Sporenlager liegt frei
 - bei *Ascomycetes*
 - * Peritheccien (HERDER VL., 1983ff.)
 - birnen-, flaschen- oder kugelförmig
 - Ascosporen gelangen durch Zerfall oder besondere Öffnungen nach außen
 - bei einigen *Ascomycetes* (Gruppe “*Pyrenomycetes*”) und Flechten
 - * Pseudothecien
 - flaschenförmig
 - mit vorgebildeter Öffnung
 - können sich weit öffnen oder passiv aufbrechen

- bei wenigen *Ascomycetes*
- i. allg. im Hymenium (Fruchtschicht) keine Algen
 - neuer Flechtenthallus nur beim erneuten Zusammentreffen von Pilz und Alge
 - Fortpflanzung hohes Risiko für den Pilz
- bei wenigen Arten im Hymenium Algen
 - * werden beim Ausschleudern der Sporen mitgerissen
 - * keimender Pilz hat sofort die richtige Alge zur Verfügung
- Vermehrung vielfach auf vegetativem Wege
 1. *Soredien*
 - von Pilzhyphen umspinnene Gruppen von Algenzellen
 - oft an *Soralen* gebildet
 - * bestimmte Stellen des Thallus
 - Verbreitung durch den Wind
 2. *Isidien*
 - stift- oder korallenförmige Auswüchse
 - brechen leicht ab
 3. Thallusbruchstücke
 - können wieder zu normalem Thallus heranwachsen

Vorkommen & Lebensweise (SITTE ET AL., 1998)

- verschiedenste Unterlagen, u. a.
 - Fels
 - Erdboden
 - Rinden von Laub- und Nadelbäumen
 - totes Holz
- größte üppigkeit:
 - luftfeuchte Bergwälder der gemäßigten Zonen
 - Nebelwälder tropischer Hochgebirge
 - Tundren
 - landschaftsbestimmend
 - * bilden eigene Vegetationsformen
- i. allg. nicht in Großstädten
 - Schädigung durch Rauchgase
 - unterschiedliche Empfindlichkeit
 - Indikatoren für den Grad der Luftverschmutzung

Wasseraufnahme (SITTE ET AL., 1998)

- durch die Pilzhyphen
- poikilohydrisch
 - vgl. S. 45
- Flechten mit Blaualgen als Phycobionten⁶
 - benötigen zur Photosynthese flüssiges Wasser
- Flechten mit Grünalgen als Phycobionten
 - Photosynthese auch mit Wasserdampf möglich

Wachstum (SITTE ET AL., 1998)

- sehr langsam
- gemäßigte Breiten
 - 1–2 cm pro Jahr
- Krustenflechten alpiner Felsregionen
 - z. T. ca. 0,5 mm pro Jahr
 - zur Altersbestimmung postglazialer Moränen herangezogen⁷

Lebensdauer (SITTE ET AL., 1998)

- zwischen einem Jahr
 - epiphyll Flechten der Tropen
- und bis zu mehreren hundert (tausend?) Jahren
 - arktisch–alpine, felsbewohnende Krustenflechten

2.6.4 Organisationstyp Phycophyta (“Eukaryotische Algen”)

- Planobiota (JACOB ET AL., 1994)
 - besitzen während der Entwicklung bewegliche Zellen
 - Ausnahme: *Rhodophyta* (→ Aplanobiota)
- besitzen Chlorophyll a und b
 - Ausnahme: *Rhodophyta*
 - * statt Chlorophyll b *Phycobiline*
- Photosynthese-Produkt: Stärke

⁶Alge als Symbiosepartner in einem Pilz (HERDER VL., 1983ff.)

⁷setzt gleiches Klima für gesamte bisherige Lebenszeit der Flechte voraus!

- zwei Entwicklungslinien

1. Kugelform

- *Chlamydomonas, Gonium, Pandorina, Eudorina, Volvox*
 - * Synchronisation des Geißelschlages und der Teilung durch Austausch von Botenstoffen
- *Volvox*
 - * durch Zellfäden verbunden (*Plasmodesmen*)
 - * Arbeitsteilung
 - Geißelbesitz (periphere Zellen)
 - Photosynthese in spezialisierten Zellen
 - nicht mehr alle Zellen fortpflanzungsfähig
 - * Bildung von Tochterzellen
 - * generatives Gewebe bleibt übrig
 - potentiell sterblich
- physikalisch gescheitert
 - Volumen vergrößert sich in höherer Potenz als die Kugeloberfläche

2. Fadenform

- Polarisierung
- fadenartige Gebilde
- inaequale Teilungen
- führen zu Verzweigungen
- *Nodien*
 - * Orte der Verzweigung
- Internodien
 - * unverzweigter “Zwischenknoten-Bereich”
- Ursache für die Frequenz aequaler und inaequaler Teilungen vollkommen unbekannt (HOFFMANN, 1998)

- vegetative Vermehrung

- führt zu Klon
 - * genetisch identische Population

- generative Vermehrung

- größere Variabilität des genetischen Materials
- entscheidender Selektionsvorteil
- an Arbeitsteilung gebunden
- Gameten — Zellen der generativen Vermehrung
 - * Einzeller
 - Zelle wird zum Gameten
 - Gameten morphologisch gleich, nur chemisch unterschiedlich
 - (+)-Gamet (1n) und (–)-Gamet (1n) verschmelzen zur Zygote (2n)
 - Verdoppelung des Chromosomensatzes (1n → 2n)

- Meiose (Reduktionsteilung) führt zur Rekombination der Erbanlagen

- Generationswechsel

- Gametophyt
 - * 1n
 - * Haplophase
- Sporophyt
 - * 2n
 - * Diplophase

- (a) isomorph

- Gametophyt und Sporophyt morphologisch gleich

- (b) heteromorph

- Gametophyt und Sporophyt morphologisch verschieden
- überwiegen des Gametophyten oder des Sporophyten

- Gameto- und Sporophyt unabhängige Lebewesen
- Pflanzen
 - * unterschiedliche Kernphasenverhältnisse
 - * gekoppelt mit unterschiedlichen Fortpflanzungsstrategien:
 - geschlechtlich
 - ungeschlechtlich

- bei Algen Übergang

- Einzeller → Vielzeller
- vegetative → generative Vermehrung

Organisationsstufen (JACOB ET AL., 1994)

1. amöboid

- *rhizopodial*
- nackte Einzeller, die Pseudopodien bilden

2. monadal

- *Flagellaten*
 - stets begeißelte Einzeller
- oft mit Stigma
 - roter Augenfleck
- bei Süßwasserformen pulsierende Vakuolen

3. capsal

- unbegeißelte Einzeller

- gallertige Zellwand
4. coccal
 - unbewegliche Einzeller
 - feste Zellwand
 - ohne oben genannte Flagellaten–Organellen
 5. trichal
 - Mehrzeller
 - aus unverzweigten oder verzweigten Fäden
 - manchmal heterotrichal
 - * in verschiedene Fadentypen differenziert
 6. siphonal
 - Einzeller
 - mit vielkerniger Zelle
 7. siphonocladal
 - Mehrzeller
 - mit vielkernigen Zellen
 8. plectenchymatisch
 - Mehrzeller
 - mit Flechtgewebe
 - aus Zellfäden
 9. Gewebethallus–Stufe
 - Mehrzeller
 - mit echten Geweben
 - meist von Scheitelzellen gebildet

2.6.4.1 Abt. Euglenophyta (*Augentierchen*)

- Charakteristik (JACOB ET AL., 1994)
 - relativ große Flagellaten
 - * 10–530 μm
 - Periplast (HERDER VL., 1983ff.)
 - * *Pellicula*
 - * feste Außenmembran vieler Einzeller
 - * vielfach durch Proteinfibrillen versteift
 - Stigma
 - * *Augenfleck*

Organisationstyp: Eukaryotische Algen

[6. Abt. Glaucophyta]	
7. Abt. Euglenophyta	
[8. Abt. Cryptophyta]	<i>Algen</i>
[9. Abt. Chlorarachniophyta]	5. Abt. Rhodophyta
10. Abt. Dinophyta	[6. Abt. Cryptophyta]
[11. Abt. Haptophyta]	7. Abt. Dinophyta
12. Abt. Heterokontophyta	8. Abt. Chromophyta (Heterocontophyta)
[1. Kl. Chloromonadophyceae]	[1. Kl. Chrysophyceae]
[2. Kl. Xanthophyceae]	[2. Kl. Prymnesiophyceae (Haptophyceae)]
[3. Kl. Chrysophyceae]	[3. Kl. Xanthophyceae]
4. Kl. Bacillariophyceae (Diatomeae)	4. Kl. Bacillariophyceae (Diatomeae)
5. Kl. Phaeophyceae	5. Kl. Phaeophyceae
13. Abt. Rhodophyta, Rotalgen	9. Abt. Euglenophyta
14. Abt. Chlorophyta, Grünalgen	10. Abt. Chlorophyta

A**B**

Tabelle 2.4: **Das System der Algen:** Gegenüberstellung von (SITTE ET AL., 1998) (A) und (JACOB ET AL., 1994) (B). Im weiteren nicht behandelte Gruppen in eckigen Klammern

- pulsierende Vakuolen
 - * *kontraktile Vakuolen*
 - * dienen der Osmoregulation
 - * bei Süßwasserformen
 - hypertonisch
 - ständiger Wassereinstrom
 - durch kontinuierlich pulsierende Vakuole kompensiert
- Chloroplasten
 - * scheiben-, stern- oder bandförmig
 - * zusätzlich von ER-Falte umhüllt
- Übergang vom Pflanzen- zum Tierreich
- je nach Nährstoffangebot wechselnd *holozoisch* und *holophytisch*
 - setzt *Praealarmsignale* voraus

2.6.4.2 Abt. Dinophyta (*Panzergeißler*) (JACOB ET AL., 1994)

- bei vielen Arten Cellulosepanzer
- meist monadale Haplonten
- Dinokaryon
 - Zellkern
 - ungewöhnlich groß
 - Chromosomen auch in der Interphase kontrahiert

- Bedeutung
 - zusammen mit *Bacillariophyceae* wichtigste Primärproduzenten der Meere
 - * Hauptbestandteil des marinen Phytoplanktons

2.6.4.3 Abt. Heterokontophyta (*Chromophyta*, Braune Algen)

- mehrere Geißeln
 - isokont
 - * Geißeln gleich
 - heterokont
 - * Geißeln unterschiedlich lang
- mit den *Oomycota* verwandt
 - vgl. Kap. 2.6.2.1, S. 37

Fam. Bacillariophyceae

- *Diatomeae*, Kieselalgen
- ohne Geißeln
- Panzer aus Kieselsäure

Fam. Phaeophyceae

- *Braunalgen*
- brauner Farbstoff: *Fukoxanthin*
- keine Stärkebildung
- größte Algen (bis zu 40 m)
- höchste Entwicklung bei
 - Ansatz von Geweben
 - Rhizoide (Wurzelansätze)

2.6.4.4 Abt. Rhodophyta (*Rotalgen*)

- Aplanobiota (JACOB ET AL., 1994)
- besitzen Phycobiline
 - *Phycoerythrin* sorgt für rote Färbung
- kein Chlorophyll b
- Assimilationsprodukt: Glycogen

Die eine
fühlt sich
mehr
männlich
determiniert,
die andere
[Diatomee]
mehr
weiblich
[b. d.
geschl.
Fortpfl.]

2.6.4.5 Abt. Chlorophyta (*Grünalgen*)

- Beginn der Mehrzelligkeit
 - *Volvox*
 - * physikalisch gescheitert (Kugelform)
 - Polarisierung
 - * Zellfäden
 - * Arbeitsteilung: Scheitelzellen an der Spitze der Zellfäden
- Primärproduzenten im Meer
- Ausgangspunkt für heterogene Ernährung
- Bedeutung für den Menschen
 - Spenderorganismen für bestimmte Proteine
 - Schadstoffabbau
 - Indikatoren für die Umweltbelastung

2.6.5 Organisationstyp Embryophyten, *Grüne Landpflanzen*

Charakterisierung (SITTE ET AL., 1998)

- primär an das Landleben angepaßte Gewächse
 - zunehmend differenzierte Anhangsorgane
 - Funktionen
 - * Befestigung im Boden
 - * Wasser- und Nährsalzaufnahme
 - * Photosynthese
 - Entwicklung verschiedener Organe
 - aus ursprünglich thallosen Vegetationskörpern
 - Anpassung an das Landleben
 - in Verbindung mit Größenzunahme
1. Gametophyt Höherer Moose
 - Cauloid⁸
 - Phylloid
 - Rhizoid
 2. Sporophyt der Gefäßpflanzen
 - Achse
 - Blatt
 - Wurzel

⁸Begriffserklärung vgl. S. 58

- Fortpflanzung

- heterophasischer, heteromorpher Generationswechsel
- Moose
 - * Gametophyt im Vordergrund des Lebenskreislaufes
- Farne, Samenpflanzen
 - * Sporophyt im Vordergrund des Lebenskreislaufes
- Zygote entwickelt sich zu *Embryo*
 - *Embryophyta*
 - * von der Mutterpflanze ernährt
 - * vielzellig
- Gametangien
 - * Antheridien (♂)
 - * Archegonien (♀)
 - * von schützender Hülle steriler Zellen umgeben
- Sporangien
 - * auch durch Zellschicht geschützt
 - Unterschied zu Pilzen und Algen

- Vegetationskörper

- verschiedene Gewebe
 - * stark differenziert
 - * unterschiedliche Aufgaben
- Verdunstung
 - * durch *Cuticula* beschränkt
 - * meist durch Spaltöffnungen reguliert
- Wasser- und Nährstofftransport
 - * Moose
 - einfache Leitstränge
 - * Farne, Samenpflanzen
 - zunehmend komplexe Leitbündel
- Plastiden
 - * Chlorophyll a und b
 - * Carotinoide
 - * Assimilationsprodukt: Stärke
- Zellwände aus Cellulose

Gliederung (SITTE ET AL., 1998)

- Bryophyta
 - *Moose*
- Pteridophyta
 - *Farngewächse*
- Spermatophyta
 - *Samenpflanzen*
 - Antheridien und Archegonien stark reduziert
 - * als solche kaum wiederzuerkennen (SITTE ET AL., 1998)
 - nicht mehr den Archegoniaten s. str. zugehörig
- Archegoniaten
 - Moose und Farngewächse
 - deutliche Antheridien und Archegonien
 - vgl. oben, *Spermatophyta*
- Cormobionta
 - Sammelbezeichnung für Moose, Farngewächse und Samenpflanzen
 - vom *Kormus*⁹ abgeleitet
 - * in Sproßachse, Blätter und Wurzel gegliederter Vegetationskörper
 - Moose
 - * Sporophyten nicht derart gegliedert
 - * können aber von Telomeren abgeleitet werden
 - Gegenteil: *Protobionta*
 - * alle Organisationstypen und Abteilungen der Eukaryoten ohne die Embryophyten
 - * den Cormobionta gegenübergestellt
- Tracheophyta
 - *Gefäßpflanzen*
 - Farngewächse und Samenpflanzen
 - Zusammenfassung aufgrund der Leitbündel
 - Moose
 - * Leitbahnen
 - wenn vorhanden, viel einfacher
 - aber: strukturelle übereinstimmungen mit den Gefäßen der Tracheophyta
- Phylogenie
 - alle Embryophyten eng verwandt

⁹gr. *κορμος* Baumstumpf, Stamm (HERDER VL., 1983ff.)

- als monophyletisch aufzufassen
- * Entwicklung
 - in unterschiedlichen Richtungen
 - zu verschiedener Entwicklungshöhe

2.6.5.1 Abt. Bryophyta (*Moose*)

- *Hepaticae, Musci*

Charakteristik

- autotroph
- überwiegend Hygrophyten
- poikilohydrisch
 - vgl. S. 45
- Physiologie (HOFFMANN, 1998)
 - Photosynthesepigmente
 - * Chlorophyll a und b
 - Assimilationsprodukt
 - * Stärke
- Histologie (HOFFMANN, 1998)
 - vgl. Kap. 2.6.5, S. 55
 - 18–20 verschiedene Zellformen
 - Arhizophyta
 - * *Thallophyta*
 - * keine Organe
 - Widerspruch zu (SITTE ET AL., 1998)!
 - Rhizoide (RANK, 1999)
 - * einzellige Fäden
 - * nicht zur Wasserleitung
 - Wasserleitung im wesentlichen kapillar auf der Oberfläche
 - * wurzelähnliche Strukturen (HOFFMANN, 1998)
 - * keine Organe (HOFFMANN, 1998)
 - Widerspruch zu (SITTE ET AL., 1998)!
 - Phylloide (RANK, 1999)
 - * *Blättchen*
 - * nur eine Zellage
 - * Querschnitt blattähnlich (HOFFMANN, 1998)
 - Ansätze von Spaltöffnungen
 - Cauloide (RANK, 1999)

- * *Stengelchen*
- * stengelähnliche Teile
- ungeschlechtliche Fortpflanzung
 - Brutbecher (HERDER VL., 1983ff.)
 - * *Brutkörbchen*
 - * becherförmige Auswüchse auf den Mittelrippen der Thallusoberseite
 - * bei Lebermoosen
 - * bildet Brutkörperchen
 - durch Hervorwölbung und weitere Teilung einzelner Oberflächenzellen
- Generationswechsel
 - Protonema
 - * *Vorkeim*
 - * Ergebnis der Spore
 - am Protonema Gametophyt-Entwicklung
 - * Antheridien (σ)
 - bilden σ Gameten (*Spermatozoiden*)
 - * Archegonien (φ)
 - bilden φ Gameten (*Eizelle*, daher Oogamie)
 - * Spermatozoiden schwimmen chemotaktisch gelenkt zur Eizelle
 - Besonderheit
 - * Entwicklung beider Generationen auf einer Pflanze
 - “Deckel” auf dem Sporophyten i. e. S. Gametophyten-Gewebe (HOFFMANN, 1998)
 - Generationswechsel entgegengesetzt der evolutionären Tendenz
 - * Moose
 - Sporophyt klein, Gametophyt überwiegt
 - * allgemeine Entwicklungstendenz
 - überwiegen des Sporophyten
- ökologische Bedeutung
 - Stabilisierung des Wasserhaushaltes
 - Bioindikator:
 - * Verbreitung der Moose Indikator für die Jahresdurchschnittstemperatur

Fortpflanzung & Vermehrung (SITTE ET AL., 1998)

- klarer Generationswechsel
 - Gametophyt
 - * grün
 - * photoautotroph
 - * gegenüber dem Sporophyten gefördert

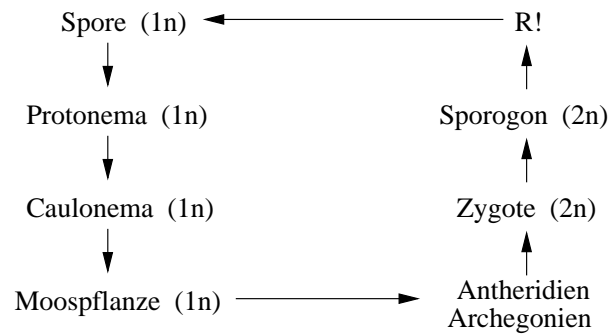


Abbildung 2.3: Generationswechsel der Moose, nach (RANK, 1999)

- Sporophyt
 - * sitzt auf dem Gametophyten auf
 - * keine selbständige Pflanze
 - vom Gametophyten mit Assimilaten versorgt
 - *Haustorien*
- Gametophyt
 - thallose Moose
 - * Thallus
 - äußerlich wenig gegliedert
 - gelappt
 - unterseits mit Rhizoiden versehen
 - * z. T. hohe Gewebedifferenzierung
 - z. B. assimilierendes und speicherndes Gewebe
 - foliose Moose
 - * liegendes bis aufrechtes Stämmchen
 - mit Blättchen (*Phylloiden*) und Rhizoiden ausgestattet
 - * Blättchen
 - meist einschichtig
 - Ausnahme: Mittelrippe
 - Blätter der Farne und Samenpflanzen vielschichtig
 - * im äußeren Bau an Gefäßpflanzen erinnernd
- Generationswechsel der Kl. Bryopsida (*Musci, Laubmoose*) (SITTE ET AL., 1998)
 - Protonema
 - * *Vorkeim*
 - * grüner Faden
 - * positiv phototropisch
 - * reich verzweigt
 - * erscheint bei massenhaftem Vorkommen als grüner Filz
 - * Entwicklung aus der auskeimenden Spore
 - Chloronema

- * Zellfäden
- * chloroplastenreich
- * senkrecht zur Fadenachse stehende Querwände
- * gehen langsam in Caulonema über
- Caulonema
 - * chloroplastenärmer als Chloronema
 - * schräggestellte Querwände
 - * liegt dem Substrat an
 - * zahlreiche Seitenzweige
 - mit Chloronema–Charakter
- Knospen
 - * entwickeln sich am Caulonema
 - bei ausreichendem Licht
 - meist an kurzen Seitenzweigen
 - * Knospenbildung
 - Abtrennung von 1–2 Stielzellen
 - anschwellende Endzelle wird Scheitelzelle
- Scheitelzelle
 - * entsteht in der Moosknospe
 - durch schiefgestellte Wände
 - * dreischneidig
 - * pyramidenförmig
 - * entwickelt beblättertes Moospflänzchen
 - durch Segmentbildung
 - bei vielen benachbart liegenden Knospen dichter Moosrasen
- Unterschied zu den Tracheophyta
 - Gametophyt statt Sporophyt mit höherer morphologischer und anatomischer Differenzierung
 - fehlende Leitbündel
 - meist fehlende Leitgewebe
 - Rhizoide
 - * einzellige oder vielzellig septierte Schläuche
 - * eher den Wurzelhaaren als den Wurzeln der *Tracheophyta* vergleichbar
 - Cuticula
 - * zart
 - schnelle Austrocknung
 - Moose poikilohydrisch
 - Spaltöffnungen
 - * fehlen dem Gametophyten fast aller Moose
 - Ausnahme: Hornmoose
 - * sehr selten *Marchantiales*

- Atemöffnungen
 - dienen dem Gasaustausch
 - * Mnium-Typ
 - einfachster Typ der Spaltöffnungen
 - erstmals auf dem Sporophyten der Gattung *Mnium* entdeckt
- Archegonien (♀)
 - flaschenförmige Organe
 - Bauch- und Halsteil mit einer meist einfachen Zelllage
 - Bauchteil umschließt große *Zentralzelle*
 - * teilt sich vor der Reife in
 - Eizelle
 - *Bauchkanalzelle*
 - * Bauchkanalzelle
 - am Grunde des Halses
 - Halskanalzellen schließen an Bauchkanalzelle an
- Antheridien (♂)
 - kugelige oder keulige Gebilde
 - stehen auf kurzem Stiel
- Spermatozoide
 - stets kurze, etwas gewundene Fäden
 - Zellkern Hauptmasse
 - zwei Geißeln
 - z. T. im Plasmarest eine winzige Plastide
- Befruchtung der Eizelle
 - nur in Gegenwart von Wasser
 - * Regen, Tau
 - Archegonium öffnet sich an der Spitze
 - Kanalzellen verschleimen
 - * entlassen chemische Lockstoffe für die Spermatozoiden
 - aus der Zygote Entwicklung eines diploiden Embryos
 - * entwickelt sich ohne Ruhepause zum Sporophyten
- Sporophytengeneration
 - diploid (2n)
 - Entwicklung stets auf dem dominierenden Gametophyten
 - * mit diesem zeitlebens verbunden
 - Gonotrophie

- * “Ernährung durch den Erzeuger” (SITTE ET AL., 1998)
 - * Wachstum des Sporophyten auf Kosten des Gametophyten
 - trotz des Chlorophyllgehaltes des Sporophyten
 - Spaltöffnungen
 - * bei Moosen zum ersten Mal in der Stammesgeschichte
 - Mnium–Typ (s.o.)
 - * fast ausschließlich am Sporophyten
 - Haustorium
 - * *Fuß*
 - * Basalteil des Sporophyten
 - * dringt in tiefer liegendes Gewebe ein
 - Sporogon
 - * *Sporenkapsel*
 - * in der Hauptachse
 - * an der Spitze des Archegoniums
 - * Sporenbehälter
 - * kürzer oder länger gestielt
 - * rundlich oder oval
 - Archespor
 - * inneres Gewebe der Sporenkapsel
 - * bildet Meiosporen
 - durch zweimalige Meiose
 - Tetraden
 - Sporen
 - * Meiosporen
 - * Ausbreitung
 - durch die Luft
 - * Wand
 1. Endospor
 - innen
 - zart
 2. Exospor
 - außen
 - widerstandsfähig
 - wird bei der Keimung gesprengt
 - keimen zum Gametophyten aus
 - Protonema
 - fädiger bis flächiger Vorkeim
 - geht in die grüne Moospflanze über
- vegetative Vermehrung

- neben der Ausbreitung durch Sporen sehr häufig
- z. B. durch Brutkörper
 - * Entstehung
 - auf verschiedene Weise am Gametophyten
 - am Stämmchen
 - an den Blättchen
 - am Vorkeim
 - * lösen sich los
 - * wachsen zu neuen Pflanzen aus

- Wachstum

- zwei-, drei- oder mehrschneidige Scheitelzellen
- selten bereits mit Meristemen

2.6.5.2 Abt. Pteridophyta (*Farnpflanzen*)

- vgl. Kap. 5.1, S. 163
- Untergliederung
 1. Psilophytatae, Psilophytopsida
 - *Urfarne*
 2. Lycopodiatae, Lycopodiopsida
 - *Bärlappe*
 3. Equisetatae, Equisetopsida
 - *Schachtelhalme*
 4. Filicatae, Polypodiopsida
 - (*eigentliche*) *Farne*
- Kormophyta
 - erste Gliederung in echte Organe
- extreme Gewebedifferenzierung
 1. Sicherung des Wasserhaushaltes
 - Ausbildung eines Wurzelsystems
 2. spezifische Oberflächenentwicklung
 - Differenzierung nach außen
 - Sicherung der Diffusionsflächen
 3. Größenwachstum
 - Stabilisierungsstrukturen
 - korreliert mit Stofftransport-Strukturen
- extreme Zelldifferenzierung

→ große Scheitelzellen

1. Ausbildung von Sproß, Wurzel und Blatt
2. generativer Bereich
 - Häufung von Sporangienstrukturen an den Blättern
3. Differenzierung der Blätter (*Wedel*) bei den *Filicatae*
 - Sporophylle
 - * sporentragend
 - Trophophylle
 - * dienen der Ernährung

Evolutionstheoretische Interpretation — Progressionstendenzen der Pteridophyta

1. Differenzierung zunächst gleichwertiger Gabeläste
 - Telomtheorie
2. Vervollkommnung des Leitgewebesystems
 - Stelärtheorie
3. Differenzierung der Blätter
4. zunehmende Gruppierung der Sporangien
5. Differenzierung der Sporen
6. Reduktion der Megasporenzahl
7. Einschluß des Prothalliums in die Spore

Quelle: (JACOB ET AL., 1994)

Kl. Psilophytopsida (*Urfarne*) †

- Grundcharakteristik (JACOB ET AL., 1994)
 - Wurzeln und Blätter fehlen
 - * höchstens schuppenförmige Epidermalbildungen an den räumlich verzweigten Sproßachsen
 - dichotome Verzweigung
 - Sporangien terminal oder seitlich achsenständig

1. *Rhynia* (Nacktfarne)

- Wurzelansätze
- besitzen Sproßachse
- ohne Blätter
- nur Sporangien
- fossil

2. *Asteroxyla*

- Blattansätze

- zweigeteilte Leitsysteme
- Wassertransport von Anfang an zweigeteilt
 - Wassertransport
 - * meist besonders verholzt
 - * später “Holzgewebe”
 - Assimilattransport

Kl. Lycopodiopsida (*Bärlappe*)

- Grundcharakteristik (JACOB ET AL., 1994)
 - Mikrophyll
 - Sprosse und Wurzeln dichotom
 - Sporangien einzeln auf den Blättern
 - * meist in Blüten
- Sporophyt (SITTE ET AL., 1998)
 - oft gabelig verzweigt
 - trägt *Mikrophyll*
 - * einfach
 - * nicht gegliedert
 - * klein bzw. schmal
 - * meist schraubige Stellung
- hauptsächliche Bedeutung: Kohlelager

Kl. Equisetopsida, Sphenopsida (*Schachtelhalme*)

- Grundcharakteristik (JACOB ET AL., 1994)
 - Mikrophyll quirlständig
 - Verzweigung seitlich–monopodial
 - Sporangien an der Unterseite tischförmiger Sporangiphoren
- Merkmale (SITTE ET AL., 1998)
 - verglichen mit dem Stamm kleine Blätter
 - * *Mikrophyll*
 - * in Wirteln angeordnet
 - Gegensatz zu sonstigen *Pteridophyta*
 - Stamm
 - * meist wirtelförmig verzweigt
 - * deutlich gegliedert
 - Nodi¹⁰

¹⁰lat. *nodus*, Knoten; *internodium*, Raum zwischen zwei Gelenken

- Internodia (Sg. Internodium)
- Sporophylle
 - * stets von den assimilierenden Blättern verschieden
 - * zapfenförmige, endständige Ähren
- heutige morphologische Einförmigkeit steht im Gegensatz zur fossilen Formenfülle (SITTE ET AL., 1998)
- Besonderheit
 - Einlagerung von Silicium (Si) in die Wand

Kl. Filicatae, Polypodiopsida (*Farne*)

- Grundcharakteristik (JACOB ET AL., 1994)
 - Megaphylle
 - Verzweigung dichotom oder (meist) seitlich
 - Sporangien
 - * in Vielzahl am Rand oder auf der Unterseite der Blätter
- Generationswechsel
 - Farnpflanze diploider Sporophyt
 - * Sporangien tragen Sporenbehälter (*Sporangien*) an der Unterseite
 - Sporophylle** *Sporenblätter*, Bezeichnung für die Sporangien tragenden Blätter bei Farn- und Samenpflanzen. Sie können entweder den assimilierenden Blättern (Trophophylle) gleichen und zusätzlich assimilieren (*Tropho-Sporophylle*), oder sie sind in ihrer Gestalt stark abgewandelt und erfüllen nur noch die sporenbildende Funktion. (HERDER VL., 1983ff.)
 - haploide Spore entwickelt Gametophyt
 - * *Prothallium*
 - * thallusartig
 - * bildet Gametangien (gametenbildende Strukturen)
 - * Archegoniaten
 - bilden Archegonien und Antheridien
 - * Oogamie
 - an Wasser gebunden
 - * Prothallium degeneriert nach Befruchtung
 - Entwicklungstendenz
 - * Verankerung der Makrosporen am Sporophyten

Der rege Informationsaustausch läßt ja auf ein belastendes Wochenende schließen — ich hoffe, daß sie die Hörsäle am Montag genauso ausgeruht betreten, wie sie sie am Freitag verließen.

Siehe's — mit der Vergangenheitsbewältigung ist es gut, mit der Zukunftsbewältigung kommen die Probleme

Dieses Pärchen schwatzt von Anbeginn an — jede Vorlesung!

2.7 Rückblick

Morphologische Organisationsformen

- Einteilung nach (HOFFMANN, 1998)
 1. Protophyta
 - Einzeller — *Chlorella*
 - Coenobien — “*Blaualgen*”
 - Plasmodien — *Schleimpilze*
 2. Thallophyta
 - Aggregationsverbände – *Hydrodictyon*
 - Zellkolonien — *Volvocales*
 - Polyenergide — *Caulerpa*
 - Fadenthalli — *Grünalgen* (z. T. *Moose*)
 - Plectenchyme — *Pilze*
 3. Kormophyta
 - echte Gewebe und Grundorgane — *Farne, Samenpflanzen*
- Einteilung nach (SITTE ET AL., 1998)
 - vgl. Tab. 2.1, S. 12
 - 1. Prokaryoten
 - (a) Bakterien
 - (b) Prokaryotische Algen
 - 2. Eukaryoten
 - (a) Schleimpilze
 - (b) Pilze, “Cellulosepilze”, “Algenpilze s. str.”
 - *Oomycota* (verwandt mit *Heterokontophyta*)
 - (c) Pilze, “Chitinpilze” und Flechten
 - *Eumycota*
 - (d) Eukaryotische Algen
 - (e) Embryophyten, Kormophyten, Grüne Landpflanzen
 - *Bryophyta*
 - *Pteridophyta*
 - *Spermatophyta*

Entwicklungslinien

1. Prokaryot → Eukaryot
2. Einzeller → Vielzeller
 - vgl. S. 50
3. Scheingewebe → echte Gewebe → Organe

- ABER¹¹
 - rezente Gruppen nicht in eine geschlossene, aufeinander aufbauende Reihenfolge zu bringen
 - Entwicklung der einzelnen Gruppen nicht nach Entstehung eines neuen Organisationstyps stehen geblieben
 - * rezente Vertreter nicht unbedingt den hypothetischen Vorfahren anderer Stammbaumäste ähnlich
 - Kausalität der Evolutions-Theorie (–Hypothese) nicht zwangsläufig richtig
 - schwer beweisbar
 - nur *Theorie* bzw. *Hypothese*, kein Naturgesetz!
 - Bsp.: Moose *nicht* “Vorgänger” der Farne
 - * eigenständiger Stammbaumast
 - * hat sich in eigene Richtung entwickelt
 - insbesondere Betonung des Gametophyten
 - * Farne und Moose evtl. aus gemeinsamem, *hypothetischem* (!) Vorgänger hervorgegangen

¹¹zur Problematik der Evolution vgl. die Vorbemerkungen

Zusammenfassung und Wiederholung

URL Aktuelle Informationen und Links zu diesem Kapitel im Internet unter <http://www.till-biskup.de/studium/stb/botanik-systematik/kapitel2.html>

Fragen

1.

weiterführende Literatur

Kapitel 3

Das System der Magnoliophytina (*Angiospermophytina*)

Übersicht

1. Kl. Magnoliopsida (*Dicotyledoneae*)
 - 1.1 U.Kl. Magnoliidae
 - 1.2 U.Kl. Hamamelididae
 - 1.3 U.Kl. Caryophyllidae
 - 1.4 U.Kl. Dilleniidae
 - 1.5 U.Kl. Rosidae
 - 1.6 U.Kl. Asteridae
2. Kl. Liliopsida (*Monocotyledoneae*)
 - 2.1 U.Kl. Alismatidae
 - 2.2 U.Kl. Aridae
 - 2.3 U.Kl. Liliidae
 - 2.4 U.Kl. Arecidae
 - 2.5 U.Kl. Commelinidae

3.1 Kl. Magnoliopsida (*Dicotyledoneae*)

3.1.1 U.Kl. Magnoliidae

- Haupt-Evolutionstendenz
 - adaptive Radiation
 - * anpassungsmäßige Ausbreitung in alle Lebensräume
 - * bei den Magnoliidae deutlich sichtbar

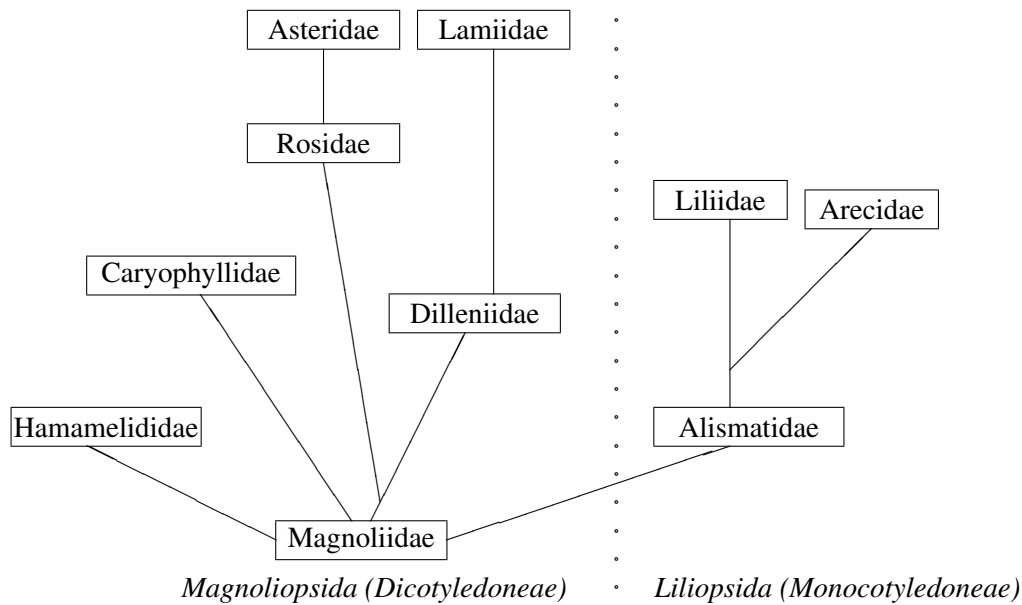


Abbildung 3.1: **Angiospermophytina (Magnoliophytina)**
nach (KÖHLER, 1999) und (JACOB ET AL., 1994), verändert

3.1.1.1 Ord. Magnoliales

Fam. Magnoliaceae

- Ausgangsform
 - zapfenartig angeordneter Blütenboden
 - spiralig
 - chorikarp
- nach bisherigem System am Anfang der Angiospermen
- Fruchtentwicklung
 - Sammelfrucht
 - Samen
 - * rot gefärbt
 - * fleischige Samenschale

→ Endozoochorie

– *Lepidodendron*

* Anemochorie

Fam. Degeneriaceae

- noch offene Fruchtblätter
- relikitär
- auf tropischen Bereich des Westpazifik beschränkt

Fam. Winteraceae

- primitive Staub- und Fruchtblätter
- Tracheidenholz
- teilweise tracheenloses Holz
- fast ausschließlich südhemisphärisch verbreitet
- immergrüne Bäumchen
- S-Typ-Siebröhrenplastiden
 - S-Typ
 - * ursprünglich
 - * speichert nur Stärke
 - P-Typ
 - * speichert Proteine

Fam. Annonaceae

- viele Frucht- und Staubblätter
- differenzierte Hülle
 - Kelchblätter
 - Blütenblätter
- Dreizahl in der Blüte
 - i. e. S. Monocotyledonen-Merkmal
- chorikarpes Gynoeceum
- ruminierendes Endosperm
 - vgl. Muskatnuß (*Myristica fragrans*)
- Verbreitung
 - tropisch
 - eine Gattung in Nordamerika

Fam. Myristicaceae

- *Muskatnußgewächse*
- Muskatnuß keine Nuß
 - Same
- Verbreitung: SO–Asien
- Blüte
 - ♂ und ♀ Blüten
 - * diözisch
 - ♂
 - * säulenförmig verwachsene Staubgefäße
 - ♀
 - * nur ein Fruchtblatt
- hohes Entwicklungsstadium bei der Blüte
- Holzbau noch sehr ursprünglich
- evolutionäre Heterobathmie
 - TAKHTAJAN
 - Auftreten primitiver und abgeleiteter Merkmale bei derselben Pflanze
- ruminierendes Endosperm
 - nahe Verwandtschaft zu den Degeneriaceae
- Zoochorie
 - Samenmantel rot
 - Ornithochorie
 - * v. a. Papageien, große Vögel

3.1.1.2 Ord. Laurales**Fam. Lauraceae**

- Dreizahl in der Blüte
 - Monocotyledonen–Merkmal
- Öffnungsmechanismus der Staubblätter
 - Klappen
- *Cinnamomum aromaticum*, *C. verum*
 - Zimt
 - Gewürz: Rinde junger Zweige

- *C. camphora*
 - Kampfer
- *Persea americana*
 - Avocado
- *Cassytha*
 - parasitisch
 - schon frühzeitig alle Möglichkeiten der Nahrungsbeschaffung

3.1.1.3 Ord. Piperales

Fam. Piperaceae

- Blüte
 - Diagramm
 - * P×
 - * evtl. reduziert
 - bisherige Interpretation
 - * neu: evtl. ursprünglich
 - kolbenartige Blütenstände
- auch Kräuter
- *Piper nigrum*
 - Wurzelkletterer
 - schwarzer Pfeffer
 - * grüne, unreife Früchte
 - * ungeschält gemahlen
 - weißer Pfeffer
 - * reif und geschält
 - nicht so aromatisch
 - Embryo
 - * sehr klein
 - * eingehüllt vom Endosperm
 - Perisperm
 - * Hauptmasse des Nährgewebes
 - * geht aus dem Nucellus hervor

3.1.1.4 Ord. Aristolochiales**Fam. Aristolochiaceae**

- *Aristolochia clematitis*
 - Osterluzei
 - Blüte
 - * nur Tepalen
 - röhrenförmig verwachsen
 - * unterständig
 - * Staubgefäße unter der Narbe
 - * Diagramm
 - ↓ P(3) A3+3 G3 (?)
 - Reusenfallenblume
 - * *Gleitfallenblume*
 - zur Funktionsweise vgl. S. 120
 - * dorsiventral
 - * Reusenhaare
 - * aasartiger Geruch
 - Insektenanlockung
 - * proterogyn
 - vgl. S. 176
- *Asarum europaeum*
 - Haselwurz
 - aktinomorpe Blüten
 - * *strahlig, radiärsymmetrisch*

Fam. Rafflesiaceae

- Endoparasiten
- Blüte bis 1 m ø
 - größte Blüte im Pflanzenreich: *Rafflesia arnoldii*

3.1.1.5 Ord. Nymphaeales

- geprägt durch Hydroviviaceae
- relativ ursprünglich
 - viele Staubblätter
 - * gehen in Blütenblätter über
- Aerenchym
 - Schwimmkörper
 - luftführendes Gewebe
- Mono- und Dicotyledoneae bei den Nymphaeales am nächsten

Fam. Nymphaeaceae

- Blüte
 - P → K
 - A → C
 - Diagramm
 - @ K5 C∞ A∞ G∞ (?)
- Fortpflanzung
 - *Nymphaea*
 - * Arillus
 - mit weißem, luftführendem Gewebe
 - gleichzeitig Futterkörper für die Fische
 - Teichrose
 - * Wasservogel–Verbreitung

Fam. Nelumbonaceae

- *Nelumbo*
 - Lotosblume
 - Blätter
 - * schildförmig
 - * an langen Stielen über das Wasser emporgehoben
 - Blütenachse
 - * bildet auf der Spitze stehenden Kegel
 - * oberes Gewebe umwächst die einzelnen chorikarpen Fruchtkörper beim Heranreifen
 - in Höhlen versenkt

3.1.1.6 Ord. Ranunculales**Fam. Ranunculaceae**

- ausgesprochen krautige Pflanzen
- Blütenbau
 - Nektarblätter
 - * hier zum ersten Mal
 - Insektenbestäubung
 - * umgebildete Staubgefäße
 - * Kronblatt stark vergrößertes Nektarblatt
 - *Sturmhut*
 - * stark dorsiventral

- Früchte
 - Sammelbalgfrucht
 - Haftverbreiter
 - * *Ranunculus* (Hahnenfuß)
 - Windverbreiter
 - * *Clematis* (Waldrebe)
- viele Giftpflanzen

Fam. Berberidaceae

- vermitteln in chemischer Hinsicht zwischen *Ranunculaceae* und *Papaverales*

3.1.1.7 Ord. Papaverales

Fam. Papaveraceae

- Fruchtblätter verwachsen
 - parakarpe Kapsel
 - parietale Plazentation
- Blütendiagramm
 - K₂ C₂₊₂ A_∞ G₍₂₀₋₂₎
- Milchsaft-haltig
 - Alkaloid-haltig
- Wildformen des Mohns
 - Streukapsel
 - bei der Kultivierung zurückgezüchtet

Fam. Fumariaceae

- *Erdrauchgewächse*
- dorsiventrale Symmetrie (↓)
 - Bsp.: *Corydalis* (Lerchensporn)
- disymmetrisch (·|·)
 - Bsp.: *Dicentra* (tränenndes Herz)

3.1.1.8 Ord. Sarraceniales

- Insektivorie
- bewachsen nährstoffarme Böden

Fam. Sarraceniaceae

- wachsen auf oligotrophen Moorböden
- insektenfangende Kannenblätter (SITTE ET AL., 1998)

Fam. Nepenthaceae

- Epiphyten
- Kannenpflanzen
 - Kanne geht aus dem Blatt hervor
 - Blattgrund blattartig erweitert

3.1.2 U.Kl. Hamamelididae

- *Kätzchenblütler*
- Tendenz zur Anpassung an die Anemophilie/Anemogamie
- überwiegend holzartig
 - Ausnahme: O Urticales
- baumartig
- wesentlicher Bestandteil der Wälder
- ♂ Blüten
 - konzentrierte Blütenstände
 - Kätzchen
 - aber: Weide andere Gruppe (Weiden“kätzchen”)

	Entomogamie	Anemogamie
Blütenhülle	groß, auffällig gefärbt	schwach entwickelt, unauffällig oder fehlend (reduziert)
Blüten	stehen oft einzeln	in dichten Blütenständen, Kätzchen
Stamina	normal	lange Filamente, Antheren weit heraushängend
Pollen	skulpturierte Oberfläche, Pollenkitt	glatte Oberfläche, trocken, große Pollenmengen
Narben	± kopfig, papillös	groß, stark verästelt, pinselig, — klebrig
Anlockungsstoffe	Duftstoffe, Nektar, Pollen	fehlen!
Blütezeit	im Laub	vor der Belaubung
Vorkommen	± einzeln	bestandsbildend

Tabelle 3.1: Blütenbiologische Anpassungsmerkmale

3.1.2.1 Ord. Hamamelidales

Fam. Hamamelidaceae

- weltweit–disjunkt verbreitet
- teilweise noch zwittrblütig
- entomophil
- doppeltes Perianth
- bilden Kapsel Früchte mit mehreren Samen

Fam. Platanaceae

- Tracheenholz
- Blüten
 - eingeschlechtlich
 - anemophil
 - dichte, kugelige Blütenstände
 - ein Perigon
 - mehrere Staubblätter bzw. freie Karpelle

3.1.2.2 Ord. Urticales

Fam. Ulmaceae

- *Ulmengewächse*
- blühen vor den Blättern
- Früchte
 - kleine Nüßchen
 - großer Hautsaum
- Blüte
 - zwittrig
 - anemogam
 - Diagramm
 - * P(4-5) A4-5 G(2)
- Blatt
 - asymmetrisch
 - * am Blattansatz
 - Charakteristikum

Fam. Moraceae

- *Maulbeerbaumgewächse*
- Maul“beere”
 - Fruchtstand
- Blütenstandsachse sehr variabel
- Feige
 - Fruchtstand
 - “Kerne” = Früchte
 - * vom Achsengewebe umwachsen
- Milchsaft-führend
 - Kautschuk

Fam. Cannabaceae

- *Humulus lupulus*
 - Hopfen
- *Cannabis sativa*
 - Hanf
- Blüten
 - einfache Hülle
- Fruchtstand
 - zapfenförmig
 - drüsenreich

Hanf:
Ha-
schisch,
Marihua-
na —
überall
bekannt
— und
auch der
Hopfen
ist
irgendwie
berau-
schend

Fam. Urticaceae

- *Urtica*
 - Brennessel

Sie sehen
an
unserem
Pro-
gramm,
daß wir
eigentlich
noch ein
Pro-
gramm
haben

3.1.2.3 Ord. Fagales

- nur monözische Gehölze
- Blüte
 - Perianth z. T. reduziert
 - unterständiger Fruchtknoten
 - kätzchenförmige Infloreszenzen
 - * aus dichasialen Teilblütenständen

Fam. Fagaceae

- *Buchengewächse*
- Cupula
 - *Blütenbecher*
 - Hülle um die Frucht
 - Achsengewebe
 - * geht aus ursprünglich vorhandenem Blütenstand hervor
- Blüte stark reduziert
 - Diagramm
 - * P3+3 G($\bar{3}$)
 - ♂
 - * nur Kelch- und Staubblatt
 - ♀
 - * Narbe in spätere Cupula eingebettet
 - Bildungen der *Cupula*
 - * Eichelnäpfchen (JACOB ET AL., 1994)
 - * Bucheckern-Hülle
 - * bestachelte Hülle
 - *Castanea*

3.1.2.4 Ord. Betulales**Fam. Betulaceae**

- unitegmisch
- Blütendiagramm
 - * P2+2 (oder 0) G(2)
- Kätzchenschuppen
 - mit Flügelnüssen

Fam. Corylaceae

- Ausbildung von Fruchthüllen
 - Vorblätter und Deckblatt des Dichasiums

3.1.2.5 Ord. Juglandales

Fam. Juglandaceae

- anemogam
- reich an Gerbstoffen
- Fiederblätter
 - hier zum ersten Mal
 - isolierte Stellung
- rispig–traubige Kätzchen
 - Deckblatt und Vorblätter der Blüten mit den 3–5 Perigonblättern verwachsen
- Entstehung
 - evtl aus weiter entfernten Vorfahren
 - durch Anpassung an ähnliche Gegebenheiten (*Konvergenz*)
- ♀ Blüten
 - Fruchtknoten im Achsengewebe versenkt
- Frucht
 - Steinfrucht
 - fleischiges Mesokarp
 - Cupula
 - Embryo (Keimblätter) eßbar
- *Juglans regia* (Walnuß)
 - SW–Asien
- Gattung *Carya*
 - *Carya illinoensis*
 - * Pekannuß
- Gattung *Pterocarya*
 - Frucht
 - * stark verholzt
 - * wird windverbreitet
 - besitzt Flügel (Name!)
 - *Pterocarya fraxinifolia*
 - * kaukasische Flügelnuß
 - * liefert Nußbaumholz

3.1.3 U.Kl. Caryophyllidae

- *nelkenartige Gewächse*
- Sonderstellung
 - vgl. Stammbaum
 - schon früh von den Magnoliidae abgespalten
- Charakteristikum
 - Betalaine
 - * roter Farbstoff
 - * “Seitenweg” in der chemischen Evolution
 - sonst Anthrocyane als rote Farbstoffe
- DAHLGREN
 - schwedischer Systematiker
 - Begründer der Darstellung der Verwandtschaftsbeziehungen als Querschnitt durch einen Stammbusch/Stammbaum
- Evolution
 - aus relativ ursprünglichen Formen entstanden
 - * chorikarp
 - * freie Fruchtblätter
 - * einfache Blütenhülle
 - * nur ein Staubblattkreis
 - * Samen im Fruchtknoten
 - zentral (*Centrospermae*)
 - oder basal
- Entwicklung des Samens
 - häufig aus kamphylotroper Samenanlage
- polykambialer Sproßaufbau
 - im Pflanzenreich sehr selten
 - sekundäres Dickenwachstum
 - nach primitivem Kambium Reihe sekundärer Kambien
- ökologische Tendenz
 - Tendenz zu eutrophen Böden
 - Sukkulenz
 - geographische Verbreitung
 - * Steppen
 - * Wüsten

- * Halbwüsten
- * allgemein niederschlagsarme Gebiete
 - Verdunstung > Niederschlag
- hoher Salzgehalt des Bodens

3.1.3.1 Ord. Caryophyllales

Fam. Phytolaccaceae

- blütenmorphologisch ursprünglich
- *Phytolacca americana*
 - Kermesbeere
 - liefert roten Farbstoff

Fam. Aizoaceae

- *Mittagsblumengewächse*
- große Hüllblätter
- viele Staubgefäße
 - gehen zu Blütenblättern über
- Einbeziehung der Sproßachse
- Blattsukkulenz
 - *Lithops*
 - * lebende Steine
 - *Fenestralia*
 - * Fensterpflanzen
 - * Kuppel aus durchsichtigem Gewebe an der Vegetationsspitze
 - ermöglicht Photosynthese auch in zugewehem Zustand
- Verbreitung
 - S–Afrika
 - Australien
 - Californien

Fam. Cactaceae

- Sproßsukkulenz
 - keine Blätter
 - dicke Cuticula
 - eingesenkte Spaltöffnungen
 - kolloidal gebundenes Wasser
 - ausgeprägtes Wurzelsystem
- Areolen
 - Dornenpolster
- Evolution
 - relativ junge Familie
 - im wesentlichen auf Amerika begrenzt
 - * S–Amerika
 - * Mexico
 - * *Opuntia ficus–indica*
 - Feigenkaktus
 - im südlichen Mittelmeergebiet verwildert
 - Früchte eßbar
 - Entwicklung des Kakteen–Habitus
 - * *Pereskia*
 - Übergangsform
 - Blätter
 - Dornenpolster stehen in den Achseln der Blätter
 - Areole wahrscheinlich aus den reduzierten Achselsprossen hervorgegangen
- Blüte
 - starke Vermehrung der Staubgefäße
 - * sekundär
 - unterständige Fruchtknoten
 - Blütenröhre
 - * gut ausgeprägt
- Früchte
 - fleischig
 - “Kakteenfeige”
- Dornen/Areolen
 - Kondensation der feuchten Luft
 - kaltes, feuchtes Klima

→ Humboldt–Strom

- *Euphorbiaceae*
 - Wolfsmilchgewächse
 - “Kakteen”wuchs
 - weitgehende Konvergenz
 - Unterscheidungsmerkmale zu den *Cactaceae*
 - * nur zwei paarige Dornen pro Areole
 - * Milchsaft
 - gehören in ganz anderen Bereich des Systems!
 - S. 96

Fam. Nyctaginaceae

- *Mirabilis jalapa*
 - Wunderblume
 - Objekt der Kreuzungsversuche MENDEL'S

Fam. Caryophyllaceae

- *Nelkengewächse*
- krautige Pflanzen
- Blüte
 - oft dichasial
 - “normales” Diagramm
 - * K5 C5 A5+5 G(5)
 - Charakteristikum
 - * Nagel des Blütenblattes
- lysikarper Fruchtknoten
- Blattstellung
 - dekussiert (gegenständig)
- keine Betalaine
 - Anthrocyane
 - Sonderstellung

Fam. Amaranthaceae

- häutige Perigonblätter
- *G Amaranthus*
 - Blüten teilweise eingeschlechtlich geworden

Fam. Chenopodiaceae

- z. T. Salzpflanzen
 - Tendenz zur Sukkulenz
 - *Salicornia* (Queller)
- Gattung Beta
 - *Beta vulgaris*
 - * Rübe
 - * *ssp. maritima*
 - Wildform
 - * *ssp. vulgaris*
 - menschliche Züchtung
 - 1. *var. crassa*
 - Runkelrübe
 - 2. *var. conditiva*
 - 3. *var. flavescens*
 - Mangold
 - 4. *var. altissima*
 - Zuckerrübe
 - Besonderheit
 - * Früchte zu mehreren in einem “Korn”
 - Keimkopplung
 - *Synaptospermie*
 - Grund für das Rübenverziehen
 - * biologische Bedeutung
 - offensichtlich anpassung an natürlichen Standort (Wüsten, Steppen)
 - zentrales Individuum mit erhöhter überlebenschance, periphere Individuen vertrocknen

3.1.3.2 Ord. Polygonales

- *Knöterichartige*
- etwas isoliert

Fam. Polygonaceae

- *Knöterichgewächse*
- Ochrea
 - Familienmerkmal
 - Ring um die Sproßachse
 - aus Verwachsung der Stipeln

- *Sauerampfer*
- *Buchweizen*
 - besonders in Weißrußland auf Moorböden kultiviert
 - Grundnahrungsmittel
- *Rheum rhabarberum*
 - Rhabarber

3.1.4 U.Kl. Dilleniidae

- sekundäre Polyandrie
 - zentripetal
 - * zum Zentrum hin
 - * bei *Rosidae*
 - zentrifugal
 - * vom Zentrum weg
 - * bei *Dilleniidae*

3.1.4.1 Ord. Dilleniales

Fam. Dilleniaceae

- chorikarp
- Diskus
 - intrastaminal
 - ersetzt Honig-/Nektarblätter der *Ranunculaceae*
- stehen blütenmorphologisch zwischen See- und Pfingstrose (KÖHLER, 1999)

Fam. Paeoniaceae

- *Pfingstrosengewächse*
- chorikarp
 - Balgfrucht

3.1.4.2 Ord. Theales

Fam. Dipterocarpaceae

- wichtige Holzlieferanten
- tropisch
- Besonderheit
 - zweiflügelige Früchte (Name!)

Fam. Theaceae

- *Teegewächse*
- Unterschied zwischen schwarzem und grünem Tee
 - schwarzer Tee fermentiert
 - * Vitamin C zerstört
 - grüner Tee kurzzeitig erhitzt
 - verhindert Fermentation
 - * Vitamin C bleibt erhalten
 - * weniger Aroma

Sie kennen ja alle die Kiwi, früher war das nicht so einfach...

Haben Sie einmal eine Kiwi aufgeschnitten — und bewußt angeguckt!

Fam. Actinidiaceae

- synkarpe Früchte
- Bsp.: Kiwi

Fam. Marcgraviaceae

- neotropisch (amerikanisch)
- Anpassung an *Ornithogamie* (Vogelbestäubung)
- nur in der Neuen Welt

Fam. Hypericaceae

- *Johanniskrautgewächse*
- sekundäre Polyandrie
- *Garcinia mangostana*
 - gilt als eine der besten Tropenfrüchte
- *Mammea americana*
 - Mammey–Apfel

3.1.4.3 Ord. Violales

- Übergang: * → ↓
- ein Blütenblatt zum Sporn entwickelt
 - im Sporn Nektar
- parakarp
 - Früchte reißen lokulizid auf (zwischen den Scheidewänden)
- Kleistogamie

- strikte Form der Autogamie
- schon im Knospenstadium Bestäubung
- im Wechsel mit Heterogamie
 - wahrt genetische Variabilität

3.1.4.4 Ord. Cucurbitales

Fam. Cucurbitaceae

- $\underline{G} \rightarrow \overline{G}$
 - Blütenblätter röhrenförmig verwachsen
- sympetal
- $C \rightarrow (C)$
- zwittrig $\rightarrow \sigma + \varphi$
- Sproßranken
- Staubblätter verwachsen
- Beispiele
 - *Cucumis sativa*
 - * Gurke
 - * parakarpe Beere
 - *Cucurbita pepo*
 - * Kürbis
 - * Panzerbeere (SITTE ET AL., 1998)
 - *Luffa cylindrica*
 - * Luffa–Gurke
 - * findet als Schwamm Verwendung
 - *Ecballium elaterium*
 - * Spritzgurke
 - * Samenverbreitung durch Turgeszenz der Frucht
 - *Cyclanthera explosans*
 - * explosionsartige Samenverbreitung durch Turgeszenz der Frucht

Fam. Caricaceae

- *Carica papaya*
 - Papaja
 - “Melonenbaum”
 - $\varphi + \sigma$, monözisch

Fam. Passifloraceae

- *Passiflora coerulea*
 - Passionsblume
- Corona
 - wahrscheinlich aus Staubblatt-Derivaten
 - verstärkt die Anlockung
- Androgynophor
 - Träger für Staub- und Fruchtblätter
- vorwiegend krautig
- häufig lianenartig
- Ornithogamie
 - in der Neuen Welt v. a. Kolibris
- wichtige Obstpflanzen
 - Maracuja
 - Granadilla

3.1.4.5 Ord. Capparales

- Charakteristikum: Senfölglykoside

Fam. Capparaceae

- *Capparis spinosa*
 - Kapern = Knospen
 - Gynophor

Fam. Brassicaceae

- *Kreuzblütengewächse*
- Charakteristikum:
 - vier lange Stamina
 - über Kreuz zwei kurze (Name!)
- ein Blütentyp in der ganzen Familie
- Evolution bei den Fruchtformen
- *Anastatica hierochuntica*
 - echte “Rose von Jericho”

- meist *Selaginella* als “Rose von Jericho” verkauft
- *Hygrochasia* (SITTE ET AL., 1998)
 - * Äste trocken einwärts gekrümmt, feucht weit ausgebreitet
 - * beliebig oft wiederholbar

- *Brassica aleracea*

- Wildkohl
- Ausgangspunkt aller Kohlarten
- Variationen
 - * var. *viridis* — Blattkohl
 - * var. *gangylades* — Kohlrabi
 - * var. *gemmifera* — Rosenkohl
 - * var. *capitata* — Weiß- bzw. Rotkohl
 - * var. *sabauda* — Wirsing
 - * var. *botrytis* — Blumenkohl

- Ölpflanzen

- Raps, ...

→ wirtschaftlich sehr wichtige Familie

3.1.4.6 Ord. Salicales

- Weidenartige
- z. T. Windblütigkeit
 - Reduktion der Blütenhülle
 - zwittrig → ♀ + ♂, diözisch

Fam. Salicaceae

- “Kätzchen”
 - konzentrierte Blütenstände
 - aber: keine Kätzchenblütler
- Insektogamie
 - *Salix*
 - Nektarien
- Anemogamie
 - *Populus*

3.1.4.7 Ord. Malvales

Fam. Malvaceae

- säulenförmig verwachsenes Androeceum
- alter Name: *Columniferae*
 - “Säulenträger”

Fam. Tiliaceae

- *Lindengewächse*
- überwiegend holzig
- Staubblätter noch frei
- überwiegend tropisch
- einheimisch
 - *Tilia cordata*
 - * Winterlinde
 - * kleinblättrig
 - *Tilia platyphyllos*
 - * Sommerlinde
 - * großblättrig

Fam. Malvaceae

- *Gossypium*
 - Baumwolle
 - Kapsel Frucht
 - Samenhaare
 - * einzellige Haare
 - * bis 5 cm lang (60 mm, (SITTE ET AL., 1998))
 - Fasern
 - weltweit verbreitet
 - in einzelnen Kontinenten unabhängig kultiviert
- Fruchtblätter verwachsen
 - Spaltfrüchte

Fam. Sterculiaceae

- *Theobroma cacao*
 - Stammpflanze des Kakaos
 - cauliflor
 - * *stammblüutig*
- *Coca acuminata*
 - Colabaum

Fam. Bombacaceae

- *Adansonia digitata*
 - Affenbrotbaum
 - Baobab
- *Ceiba pentandra*
 - Kapok
 - Haare an der Fruchtwand
 - * ähnlich wie Baumwolle
 - dort am Samen als Samenhaar
 - * nicht verspinnbar

3.1.4.8 Ord. Euphorbiales

- *Cyanthium*
 - Blütenstand
 - einer Zwitterblüte ähnliche funktionelle Einheit aus
 - * vielen ♀ Blüten
 - bestehen nur aus einem Stamen
 - * einer ♀ Blüte
 - besteht aus dreiblättrigem Gynoeceum
 - von Hochblättern und Nektarien umgeben
 - Beispiel für die Unumkehrbarkeit der Evolution
 - * offenbar durch Rückkehr von Anemogamie zu Entomogamie entstanden
- Blüten sehr reduziert

Fam. Euphorbiaceae

- *Wolfsmilchgewächse*
- *Manihot esculenta*
 - Maniok
 - Grundnahrungsmittel
 - ähnlich der Kartoffel
 - süd- bis mittelamerikanisch: Maniok-Provinz
 - nordamerikanisch: Mais-Provinz
- *Hevea brasiliensis*
 - Kautschuk

3.1.5 U.Kl. Rosidae

- Charakteristik
 - freikronblättrige, zyklische Blüten
 - sekundäre Polyandrie
 - * zentripetale Stamina
 - zentralwinkelständige Plazentation
 - Tendenz zur Diskusbildung
 - Einsenkung der Blütenachse
 - Reduktion der Samenzahl

3.1.5.1 Ord. Rosales**Fam. Rosaceae**

- außerordentlich wichtige Familie
- relative Plastizität des Blütenbodens
- Gliederung in Unterfamilien
 - fortschreitende Reduktion der Fruchtblatt- und Samenanlagenzahl

1. *Spiraeoideae*

- ursprünglich
- Fruchtblätter völlig frei
- Gynoeceum mittelständig
- vielsamige Balg- oder Sammelfrüchte
- Bsp.: *Spiraea*

2. *Rosoideae*

- vorgewölbter Blütenboden

- Gynoeceum ober- → mittelständig
- Sammelfrüchte
 - * aus einsamigen Schließfrüchten
 - * aus *einer* Blüte
- Hagebutte
 - * Nüßchen in Blütenboden eingesenkt
- Erdbeere
 - * kegelige, fleischige Blütenachse
 - * Nüßchen außen

3. *Maloideae*

- Gynoeceum
 - * coenokarp
 - * unterständig
 - von Blütenachse umwachsen
- Apfelfrucht
- Bsp.:
 - * *Pyrus*
 - Birne
 - * *Malus*
 - Apfel
 - * *Cydonia*
 - Quitte
 - * *Sorbus aucuparia*
 - Eberesche

4. *Prunoideae*

- Gynoeceum mittelständig
- Einblatt–Steinfrüchte
 - * Exokarp
 - * Mesokarp
 - * Endokarp
- zunehmende Infloreszenz–Reduktion
 - * bis zu Einzelblüten

3.1.5.2 Ord. Saxifragales

- wachsen auf felsigem Grund

Fam. Crassulaceae

- *Sempervivum*
 - Hauswurz
 - wächst auf Dächern
- *Sedum*

- *Bryophyllum*
 - Brutknöllchen
- Blattsukkulenz

Fam. Saxifragaceae

- *Saxifraga*
 - in Gebirgen bis zur Vegetationsgrenze
 - Polsterwuchs
 - * Anpassung an das Klima
 - verschiedene Formen der vegetativen Vermehrung
- Blüten
 - vgl. *Crassulaceae*
 - Unterschied
 - * 2 Fruchtblätter
 - echt synkarp verwachsen
- *Bergenia*

Fam. Parnassicaceae

- *Parnassia*
 - Sumpfherzblatt
 - einzige Art im Gebiet
- Blüte
 - nur ein Staubblattkreis
 - * vgl. *Saxifragaceae*
 - äußerer Staubblattkreis zu Nektarien umgebildet
 - * Nektarien mit Tentakeln
 - *Droseraceae*

Fam. Droseraceae

- *Sonnentaugewächse*
- besiedeln nährstoffarme Böden
 - Kompensation durch tierische Proteine
- allgemein Insektivorie
- *Drosera*
 - Carnivorie

- Tentakeln
 - * ähnlich der Nektarien der *Parnassicaceae*
- *Dionaea*
 - Venusfliegenfalle
- *Aldrovanda*
 - Wasserfalle
 - auch in heimischen Gewässern

Fam. Podostemonaceae

- ganz eng an Felsen angepaßt
- in Wasserfällen und schnellfließenden Gewässern
- morphologisch
 - reduziert
 - ähnlich wie Lebermoose
 - aber: Angiospermenblüte

3.1.5.3 Ord. Fabales

- *Schmetterlingsblütlerartige*

Fam. Mimosaceae

- *Mimosa*
 - Sinnespflanze
- stark gefiederte Blätter
 - meist doppelt gefiedert
- Zusammenklappen Schutz
 - vor Tierfraß?
- Blüte
 - doppelte Blütenhülle
 - lange Stamina
 - * hängen heraus
 - * pinselartig
- typische Hülsenfrucht
 - Charakteristikum der Fabales
 - öffnet sich beidseitig

- Seismonastie
- *Mimosa pudica*
- *Acacia*
 - Symbiose mit Ameisen
 - Bestäubung und Fruchtverbreitung durch Ameisen
 - Myrmekophilie

Fam. Caesalpiniaceae

- auf dem Weg zur Schmetterlingsblüte
 - ↓
 - fünf freie Blütenblätter
 - noch kein Schiffchen
- Nutzpflanzen
- tropisch verbreitet
- Vertreter
 - *Tamarindus indica*
 - Tamarindensaft
 - *Ceratonia siliqua*
 - * Johannisbrotbaum
 - *Cassia*
 - * Röhrencassie
 - *Hämatoxylon*
 - Hämatoxylin
 - H.E.-Färbung
 - Indikator (pH 5–6,4)

Fam. Fabaceae

- Blüte
 - starke ↓
 - Schiffchen
 - * Verwachsungen der beiden unteren Blütenblätter
 - * im Schiffchen Androeceum
 - * in der Staubblattröhre Gynoeceum
 - Schmetterlingsblüte
 - * wegen Aussehen
 - * Bestäubung durch Bienen u. ä., nicht durch Schmetterlinge

- Früchte
 - Hülsenfrüchte
 - reißen beidseitig auf
- Symbiose mit *Rhizobium radiciola*
 - N-Fixierung
 - ca. 100–200 kg N₂ · ha⁻¹ · a⁻¹
- wirtschaftliche Bedeutung
 - Tierfutter
 - Bohnen, ...
 - *Phaseolus vulgaris*
 - * im Weltmaßstab an erster Stelle
 - *Glycine max*
 - * Sojabohne
 - *Pisum sativum*
 - * Erbse
 - *Arachis hypogaea*
 - * Erdnuß
- *Robinia*

3.1.5.4 Ord. Myrtales

- bei Fruchtentwicklung Ähnlichkeiten mit den *Rosaceae*
 - Unterschied
 - * Griffel verwachsen
 - nur ein Gynoeceum

Fam. Lythraceae

- meist krautig
- Fruchtknoten
 - meist nur zweifächerig
 - mittelständig
- *Lythrum salicaria*
 - Blut-Weiderich

Fam. Rhizophoraceae

- *Rhizophora*
 - Mangroven
 - “Wurzelträger”
 - Viviparie
 - Adventivwurzeln
 - Küstenpflanzen
 - * Schlickboden
- *Neumatophoren*
 - Atemwurzeln
 - Schlickboden H₂S–haltig
- Viviparie
- Halophyten
 - Regulationsdrüsen

Fam. Lecythidaceae

- *Paranußgewächse*
- Samen
 - “Nuß”
 - in harten Fruchtknoten eingeschlossen

Fam. Punicaceae

- *Granatapfelgewächse*
- Fruchtblätter in die Achse eingesenkt
- Samenschale
 - rot
 - eßbar

Fam. Myrtaceae

- Besitz ätherischer öle
 - öldrüsen an den Blättern
- *Eugenia caryophyllata*
 - Gewürznelke
 - *kein* Nelkengewächs

- *Pimenta officinalis*
 - aus den Bergwäldern Jamaikas
- *Psidium guajava*
 - Guajave
 - Frucht eßbar

Fam. Onagraceae

- *Nachtkerzengewächse*
- *Epilobium*
- *Oenothera*
- *Fuchsia*

Fam. Trapaceae

- *Trapa natans*
 - Wassernuß
- Fruchtblätter
 - dornartig
 - dienen der Verankerung

3.1.6 U.Kl. Asteridae

- Charakteristik
 - sympetale Blüten
 - * oft radiär oder zygomorph
 - * nur ein episeptaler Staubblattkreis
 - Reduktion: A5 → A2
 - verwächst fast stets mit der Krone
 - Gynoeceum
 - * meist zweikarpellig
 - * syn- oder parakarp
 - * Tendenz zur Unterständigkeit
 - Samenanlagen
 - * tenuinucellat
 - * unitegmisch
 - Tendenz zur Pseudanthienbildung
 - weitgehendes Fehlen von Gerbstoffen
- Sympetalie
 - Anpassung an die Insektenblütigkeit
 - Coevolution

3.1.6.1 Ord. Gentianales

Fam. Loganiaceae

- *Brechnußgewächse*
- *Strychnos nux-vomica*
 - Stammpflanze für Strychnin
 - * Hauptbestandteil von Pfeilgiften
 - * Gegengift gegen Schlangenbisse

Fam. Gentianaceae

- Gebirgspflanzen
- *Centaurium*
 - Tausendgüldenkraut
- Bitterstoffe
 - Arzneipflanzen
 - Enzian-Schnaps
 - * wird aus der gereinigten Wurzel gewonnen

Ich sagte,
wir sind
in einer
giftigen
Ecke des
Systems

Fam. Apocynaceae

- *Hundsgiftgewächse*
- *Nerium oleander*
 - Oleander
- *Vinca minor*
 - Immergrün
- *Strophanthus hispidus*
 - Stammpflanze für Strophanin
 - wichtige Arzneipflanze

Fam. Asclepiadaceae

- *Schwalbenwurzgewächse*
- Blüte
 - Gynostegium
 - * Antheren und Narbe verwachsen
 - Pollinium
 - Klemmkörper

* verbinden Pollinien benachbarter Staubgefäße

- Tendenz zur Sukkulenz
- *Dischidia rafflesiana*
 - epiphytische Pflanze
 - urnenförmiges Blatt
 - * dient als Nährstoffreservoir
 - Wurzeln in die “Urne” eingesenkt

Fam. Menyanthaceae

- *Fiebertee*
- *Menyanthes*
 - auf moorigen Böden

Fam. Rubiaceae

- *Rötengewächse*
- vorwiegend tropisch verbreitet
- *Galium odoratum*
 - Waldmeister
 - Blattwirtel
 - * aus zwei Blättern
 - * und zwei Nebenblättern
- *Cinchona succirubra*
 - Chinarindenbaum
 - urspr. aus den Anden
 - Stammpflanze für Chinin
 - Malaria-Behandlung
- *Coffea*
 - *C. arabica*
 - * Hochlandkaffee
 - *C. iberica*
 - * Tieflandkaffee
 - Fruchtknoten unterständig
 - * Steinfrucht-ähnlich
 - fleischiges Mesokarp
 - Kaffeebohne = geschälter Samen

Die wichtigste Pflanze, die wir Menschen haben

Der Embryo mit ein bißchen Endosperm

- *Myrmecodia*
 - epiphytisch
 - Sproßknollen
 - * mit vorgebildeten Gängen
 - * für die Ameisen
 - Myrmekophilie
- *Psychotria bacteriophylla*
 - N₂-Bindung durch symbiontische Bakterien in den Blättern

Die Liebe
zu den
Ameisen

3.1.6.2 Ord. Oleales

Fam. Oleaceae

- *ölbaumgewächse*
- Reduktion der Antheren
 - A2
- *Olea europaea*
 - ölbaum
 - wichtige Kulturpflanze
- *Ligustrum*
 - Liguster
 - häufig als Zierstrauch
- *Fraxinus*
 - Esche
 - innerhalb der Gattung Übergang von Entomogamie zu Anemogamie
- Olive
 - Steinfrucht
 - öldrüsen im Mesokarp

3.1.6.3 Ord. Solanales

Fam. Convolvulaceae

- *Windengewächse*
- Blüten
 - sympetal
 - ein Staubblattkreis
 - zwei Fruchtblätter

- *Ipomoea batatas*
 - Süßkartoffel
 - wichtigste tropische Knollenfrucht

Fam. Cuscutaceae

- *Kleeseidengewächse, Teufelszwirngewächse*
- Parasitismus
 - Entwicklung aus engem Kontakt mit dem Wirt bei den *Convolvaceae*
- Keimlinge
 - lang, fadenförmig
 - können wachsen, bis sie neue Wirtspflanze erreichen

Fam. Boraginaceae

- *rauhhaarblättrige Gewächse*
- Vertreter
 - *Borago*
 - * Borretsch
 - *Myosotis*
 - * Vergißmeinnicht
 - *Anchusa*
 - * Ochsenzunge

Fam. Solanaceae

- *Nachtschattengewächse*
- wirtschaftlich wichtig
- Blüte
 - Unterschied zu Braunwurzgewächsen:
 - * schrägstehende Symmetrieachse
 - sympetale Krone
- *Atropa belladonna*
 - Tollkirsche
- *Datura*
 - Stechapfel
- *Hyoscyamus*

- Bilsenkraut
- *Nicotiana*
 - Tabak
 - Blüte lange Röhre
- wichtige Kulturpflanzen
 - *Solanum tuberosum*
 - * Kartoffel
 - *S. Melongena*
 - * Eierfrucht, Aubergine
 - * einzige Kulturpflanze unter den *Solanaceae* aus der alten Welt
 - urspr. aus Indien
 - * die meisten anderen aus Amerika
 - *Lycopersicum*
 - * Tomate
 - *Capsicum*
 - * Paprika

3.1.6.4 Ord. Scrophulariales

Fam. Scrophulariaceae

- *Rachenblütlergewächse*
- Blüte
 - Entwicklung A5 → A2
- Tendenz zum Parasitismus
 - Halbparasiten (*Hemiparasiten*)
 - *Rhinantus*
 - * Klappertopf
 - *Euphrasia*
 - * Augentrost
 - parasitieren auf den Wurzeln
 - assimilieren noch selbst
- *Lathraea*
 - Schuppenwurz
 - Vollparasit
 - wächst unterirdisch
 - Blätter des ursprünglichen Sprosses schuppenförmig
 - Name!

Fam. Orobanchaceae

- *Sommerwurzgewächse*
- Vollparasiten

Fam. Lentibulariaceae

- *Fettkrautgewächse*
- Carnivorie
- *Utricularia*
 - “Wasserschlauch”
 - Schluckfalle
 - * normal Unterdruck in der Kammer
 - * bei Berührung durch Insekt Öffnung der Ventilklappe
 - Tier wird durch Unterdruck eingesogen

Fam. Plantaginaceae

- *Wegerichgewächse*
- Versuch der Anemogamie
- *Plantago*
 - Wegerich

3.1.6.5 Ord. Lamiales

Fam. Verbenaceae (SITTE ET AL., 1998)

- überwiegend tropisch
- holzig
- basal-paraphyletisch
- Griffel sitzt dem Scheitel des Fruchtknotens auf
- *Tectona grandis*
 - indomalaiischer Teakholzbaum
- *Avicennia*
 - Mangrovebaum
 - ähnlich den *Rhizophora*

Fam. Lamiaceae

- *Lippenblütlergewächse*
- charakteristische Merkmale
 - dekussierte Blätter an vierkantigen Sproßachsen
 - “Lippenblüten”
 - * in Doppelwickeln stehend
 - * zygomorph
 - * zwei obere Petalen zu Oberlippe verwachsen
 - * drei untere Petalen zur Unterlippe verwachsen
 - * Diagramm
 - ↓ K(5) [C(5) A4] G(2)
 - Frucht
 - * *Bruchfrucht*
 - * aus vier einsamigen Klausen
 - entwickeln sich aus zweiblättrigem, oberständigem Gynoeceum
 - echte und falsche Scheidewand
 - * ähnlich den *Boraginaceae*
 - * Mikropyle und Radicula nach unten gerichtet
 - Unterscheidung von den *Boraginaceae*-Klausen
- charakteristische Drüsen mit etherischen ölen
 - besonders *Mono-* und *Sesquiterpene*
 - bedingen aromatischen Geruch
 - Verwendung als Heil- und Küchenkräuter
- *Majorana*
 - Majoran
- *Satureja*
 - Bohnenkraut
- *Rosmarinus*
 - Rosmarin
- *Lavandula*
 - Lavendel
- *Thymus*
 - Thymian
- *Salvia*
 - Salbei

- nur zwei Stamina
 - * mit je einer Theka
 - klassisches Beispiel für Oligomerisation
- Hebelmechanismus bei Bestäubung
- *Mentha*
 - Minze

3.1.6.6 Ord. Campanulales

Fam. Campanulaceae

- *Glockenblumengewächse*
- vorwiegend extratropisch
- Kräuter
- Blüte
 - echt sympetal
 - ein Staubblattkreis
 - Gynoeceum
 - * drei– oder fünfblättrig
 - * synkarp
- zunehmende Blütenkonzentration
 - Tendenz in Richtung der *Asteraceae*
- Frucht
 - vielsamige Kapsel
- enthalten Inulin
 - *Asteraceae*
- Samen endospermreich
- Antheren meist noch frei
- *Campanula*
 - Glockenblume
 - geschlossene Thyrsen
- *Phyteuma*
 - Teufelskralle
 - offene Ähren und Kolben
- *Jasione*

- Sandknöpfchen
- Köpfchen mit Hüllkelch aus sterilen Prakteen
 - * Pseudanthienbildung

Fam. Lobeliaceae (SITTE ET AL., 1998)

- vorwiegend tropisch
- dorsiventrale Blüten
- meist zweifächriger Fruchtknoten
- Alkaloidreichtum
 - Gift- und Heilpflanzen

3.1.6.7 Ord. Asterales

Fam. Asteraceae

- *Compositae, Korbblütler*
- Blütenstand
 - *Infloreszenz*
 - bildet typische, funktionelle Einheit (Blume)
 - von offener Ähre abzuleiten
 - Involucrum
 - * *Hüllkelch*
 - * umgibt zahlreiche Einzelblüten
 - * von Hochblättern gebildet
 - stehen besonders bei ursprünglichen Gattungen auf dem verbreiterten *Receptaculum*
 - in der Achsel von Tragblättern
 - Receptaculum
 - * *Blütenstandsboden*
 - Fruchtknoten der Einzelblüten
 - * zweiblättrig
 - * unterständig
 - * wird zu einsamigen, endospermlosen *Achänen*
 - * zweiteilige Narbe
 - * Griffel außen mit Fegehaaren besetzt
 - Kelch
 - * in Haare, Schuppen oder Borsten aufgelöst
 - * evtl. ganz aufgelöst
 - Stamina

- * sitzen mit freien Filamenten auf Kronröhre
 - im Grundbauplan fünfzipfelig
 - glockig
- Antheren
 - * Anzahl: fünf
 - * postgenital untereinander zu Röhre verbunden
 - * Pollen wird durch Griffelhaare ausgefegt
- Krone in beiden Unterfamilien unterschiedlich ausgebildet
- Blüten protandrig
 - ♀ Blüten reifen zuerst
- Einteilung in drei Gruppen (KÖHLER, 1999)
 1. nur Zungenblüten
 - *Lactuceae*, *Cichorioideae s. str.* (SITTE ET AL., 1998)
 - Bsp.: *Taraxacum* (Löwenzahn)
 2. Zungen- und Röhrenblüten
 - *Asteroideae* (SITTE ET AL., 1998)
 - Bsp.: *Matricaria chamomilla* (echte Kamille)
 3. nur Röhrenblüten
 - *Cardueae* (SITTE ET AL., 1998)
 - Bsp.: *Centaurea cyanus* (Kornblume)
- *Lactucoideae* (SITTE ET AL., 1998)
 - * *Cichorioideae* bzw. *Liguliflorae s. lat.*
 - * zugehörige Tribus
 - *Lactuceae*
 - *Cardueae*

1. UF Tubuliflorae

- *Asteroideae* (JACOB ET AL., 1994), Röhrenblütler (KÖHLER, 1999)
- radiäre Scheibenblüten
- in vielen Gattungen zweilippige Zungen- oder Strahlblüten
 - drei Zipfel bilden Strahl bzw. Unterlippe
 - zwei Zipfel bilden die meist ganz reduzierte Oberlippe
 - bei Strahlblüten dann drei Zähne
 - oft abweichend gefärbt
- bei manchen Arten ♀ und ♂ Köpfchen
 - *Xanthium*
 - * Spitzklette
 - *Antennaria dioica*

- * Katzenpfötchen
- * diözisch!
- Heilpflanzen
 - *Matricaria*
 - * Kamille
 - *Tussilago*
 - * Huflattich
 - *Artemisia*
 - * Beifuß
 - * anemogam!
- Zierpflanzen
 - *Cosmos, Tagetes, Aster, Callistephus, Chrysanthemum, Gerbera, Dahlia*

2. UF Liguliflorae

- *Cichorioideae* (JACOB ET AL., 1994), Zungenblütler (KÖHLER, 1999)
 - stets Zwitterblüten
 - lange Zunge trägt fünf Zähne
 - alle fünf Kronzipfel an Bildung beteiligt
 - *Taraxacum kok-saghyz*
 - Löwenzahnart
 - früher Kautschukgewinnung aus dem Milchsaft
 - Gemüse
 - *Scorzonera hispanica*
 - * Schwarzwurzel
 - *Cichorium intybus*
 - * Zichorie
 - Wurzel als Kaffee-Ersatzstoff
 - * Chicoree
 - Sproßknospen
 - *Lactuca sativa*
 - * Salat
 - *Hieracium*
 - Habichtskraut
 - umfaßt 800 Sammelarten
 - * mit zahlreichen apomiktischen “Kleinarten”
 - *Asteridae* Endpunkt der Evolution der *Dicotyledoneae*
 - *Magnoliidae* — Anfang
 - *Asteridae* — Endpunkt
- vgl. Abb. 3.1.1

3.2 Kl. Liliopsida (*Monocotyledoneae*)

Charakteristik

- Unterscheidung von den Dicotyledonen durch ganzen Merkmalskomplex
 - z. T. eng miteinander verknüpft
 - * Bsp.: Lebensdauer der Hauptwurzel und sekundäres Dickenwachstum
- überall Ausnahmen
- kein einziges Merkmal, das allein zur klaren Trennung ausreichte
- *Nymphaeales*
 - nehmen Zwischenstellung ein
 - * Homorrhizie
 - * Ataktostele
 - * polyarche Wurzel–Leitbündel
 - * unpaariges Vorblatt
 - * teilweise trimere Blüten
 - * monocolpate Pollen
 - werden zu den Dicotyledonen gezählt
 - dicotyler Embryo
- Gesamtheit der Merkmale entscheidend
- Beispiele für nicht ausreichende Merkmale
 - *Paris*
 - * Einbeere
 - * vierzählige Blüten
 - *Ranunculus ficaria*
 - * Scharbockskraut
 - * monokotyle Embryonen

Stellung

- früher
 - vor die Dicotyledonen gestellt
 - einfachere Organisation
- heute
 - sekundär vereinfacht
 - von gefäßlosen, krautigen, dikotylen Vorfahren abgeleitet
 - sehr früh entstanden (SITTE ET AL., 1998)
 - * erste Funde in der unteren Kreide

Merkmal	<i>Dicotyledoneae</i>	<i>Monocotyledoneae</i>
a) Blätter		
Keimblätter	2, lateral	1, terminal
Blattnervatur	fiederig	parallel
Blattstiel	oft vorhanden	fehlt, breite Basis oder Scheide
Blattspreite	oft gezähnt und zusammengesetzt	ganzrandig, keine echte Fiederung
Vorblatt	2, transversal	1, adossiert
b) Sproßachse		
fascic. Kambium	vorhanden (Bündel offen)	fehlt (Bündel geschlossen)
sek. Dickenwachstum	vorhanden	fehlt
Stele	Eustele (Leitbündel ringförmig angeordnet)	Ataktostele (Leitb. über Sproßquerschnitt verteilt)
c) Wurzeln		
	allorhiz	homorrhiz
d) Blüten		
	tetra- oder pentamer	trimer, echt synkarp

Tabelle 3.2: Übersicht über die Merkmale der Di- und Monocotyledoneae (ohne Berücksichtigung von Ausnahmen — nach (JACOB ET AL., 1994), verändert)

- zusammen mit den ältesten bekannten fossilen *Dicotyledoneae*
- lange selbständige Entwicklung

Evolutionstheoretische Interpretation — Liliopsida (Monocotyledoneae)

- Ursache für krautigen Wuchs und Vereinfachung des vegetativen Bereiches
 - TAKHTAJAN
 - * Infantilisierung, *Neotherie*
 - vorzeitiger Abschluß der Ontogenese
 - verbunden mit dem Übergang zur Geophilie und zum Wasserleben
 - Beispiele für Neotherie
 - * Blätter entsprechen unvollkommen entwickelten Dicotyledonen-Blättern
 - * Kambiumtätigkeit herabgesetzt
- Entstehung der Einkeimblättrigkeit
 - vermutlich durch zunehmende Anisokotylie
- Aufteilung der Monocotyledonen in getrennte Linien
 - schon frühzeitig
 - erste Funde in der Unterkreide

System

- (KÖHLER, 1999), verändert nach (SITTE ET AL., 1998)
- fünf Unterklassen gegenüber dreien bei (JACOB ET AL., 1994)

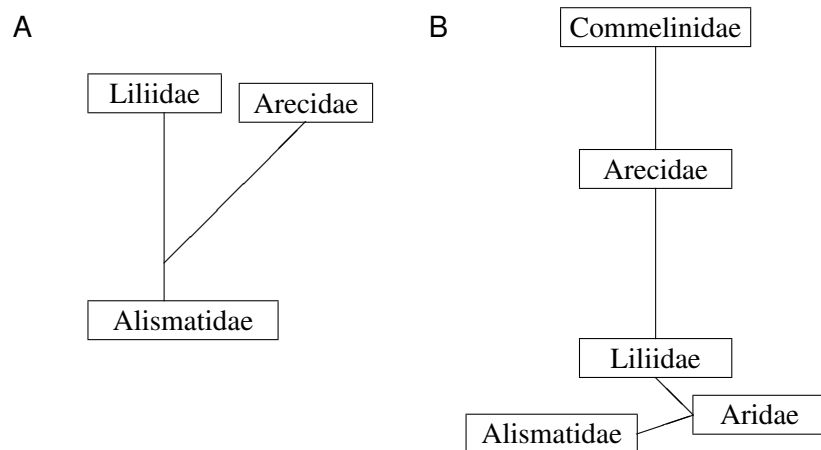


Abbildung 3.2: Liliopsida (Monocotyledoneae)

A bisheriges System, aus (KÖHLER, 1999); B neues System nach (SITTE ET AL., 1998), Original

3.2.1 U.Kl. Alismatidae

- wasserlebend
- krautige Sumpf- und Wasserpflanzen
 - u. a. einzige marine Samenpflanzen (JACOB ET AL., 1994)
- zahlreiche ursprüngliche Merkmale
 - Tracheen
 - * fehlen i. allg.
 - * selten vorhanden
 - nur in den Wurzeln
 - sehr primitiv
 - Gynoeceum
 - * chorikarp
 - Samenanlagen
 - * crassinucellat
 - * bitegmisch
 - * stehen laminal bis submarginal
 - vgl. *Nymphaeaceae*!
 - Blüten radiär
- viele Gemeinsamkeiten mit den *Nymphaeales*
 - verbindet über diese Di- und Monocotyledonen

3.2.1.1 Ord. Alismatales

- *Froschlöffelartige*
- ursprünglichste Merkmalsausbildung (SITTE ET AL., 1998)

Fam. Butomaceae

- Sammelbalgfrüchte (JACOB ET AL., 1994)
 - laminale Placentation
- Gynoeceum oligomer
- *Butomus umbellatus*
 - eurasische Schwänenblume
 - einzige Art der Familie

Ich finde,
für
Lehräm-
ter ist das
alles sehr
anschau-
lich [die
Namen]

Fam. Alismataceae

- wenig– bis einsamige Fruchtblätter
- polymeres Gynoeceum
- *Alisma*
 - Froschlöffel
- *Sagittaria*
 - Pfeilkraut
 - monözisch

3.2.1.2 Ord. Hydrocharitales**Fam. Hydrocharitaceae**

- eingeschlechtliche Blüten
- Gynoeceum
 - unterständig
 - chorikarp
 - durch Achsenbecher verbunden
 - erinnert an das der *Nymphaeaceae*
- *Hydrocharitaceae*
 - Froschbiß
 - Schwimmblattpflanze
 - monözisch
- *Elodea*
 - Wasserpest
 - diözisch

3.2.1.3 Ord. Najadales

- *Zosterales*
- Perianth
 - meist nur unscheinbar und einkreisig
 - teilweise ganz reduziert

Fam. Potamogetonaceae

- Sumpfbewohner
- *Potamogeton*
 - Laichkraut
 - wurzelnde Wasserpflanzen
 - Anemogamie

Fam. Zosteraceae

- *Seegräser*
- völlig untergetauchte Meerespflanzen
 - einzige marine Samenpflanzen (JACOB ET AL., 1994)
- Zwitterblüten
- Wasserbestäubung durch Fadenpollen

Fam. Najadaceae

- eingeschlechtliche Blüten
- *Najas*
 - Nixenkräuter

3.2.2 U.Kl. Aridae

3.2.2.1 Ord. Arales

Fam. Araceae

- *Aronstabgewächse*
- auffällige Rückbildung der Blüten
- fortschreitende Spezialisierung der Blütenstände
 - Spadix
 - * Kolben
 - Spatha

- * Hochblatt
- *Calla palustris*
 - ein Perigon fehlt
- *Arum maculatum*
 - Reusenfallenblume
 - * ähnlich der Blüte der *Aristolochiaceae*
 - vgl. Kap. 3.1.1.4, S. 76
 - * Blütenstand
- Funktionsweise der Reusenfalle (*Arum*) (SITTE ET AL., 1998)
 - Blüten getrenntgeschlechtlich
 - * am unteren Teil eines dicken Kolbens zu zwittrigen, proterogynen Blütenständen vereinigt
 - * von der Spatha umhüllt
 - * unten ♀ Blüten
 - * darüber ♂ Blüten
 - * ganz oben sterile “Hindernisblüten”
 - Spatha
 - * unten zu bauchigem und geschlossenem Kessel erweitert
 - * darüber verengt
 - * oben weit geöffnet
 - Kolben
 - * verdickt sich außerhalb des Kessels zu Keule
 - Vorgang
 1. Keule entwickelt kotähnlichen Geruch
 - lockt verschiedene kotliebende Fliegen und Käfer an
 - z. T. schon mit Pollen aus anderen Blüten beladen
 - * chemische Fernanlockung
 2. Insekten versuchen, sich auf der Innenfläche der Spatha oder auf der Keule niederzulassen
 - * Epidermen mit Öltröpfchen überzogen
 - Insekten gleiten aus und stürzen in den Kessel
 - * Hindernisblüten
 - Entkommen unmöglich
 3. Narben werden mit dem mitgebrachten Pollen bestäubt
 4. ♀ Blüten streuen ihren Pollen in den Kessel
 - * während der Nacht
 - * beladen Insekten damit
 5. Geruch hört auf
 6. Hindernisblüten und Kolbenstiel welken
 - Ausgang frei
 7. Insekten verlassen die Gleitfallenblume
 - * am nächsten Morgen
 - * stürzen meist bald in die nächste

Fam. Lemnaceae

- *Wasserlinsengewächse*
- Blütenstände
 - nur eine ♀ Blüte
 - * von einem Fruchtknoten gebildet
 - nur 1–2 ♂ Blüte
 - * nur je ein Staubblatt
- vegetativer Bau stark vereinfacht
 - *Neotenie*
 - embryoartige Glieder
 - kaum differenziert
 - vermehren sich stark durch Sprossung
 - * können sehr schnell ruhige Wasserflächen überziehen
- Vertreter
 - *Lemna*
 - *Wolffia arrhiza*
 - * wurzellos
 - * max. 1,5 mm groß
 - kleinste Blütenpflanze!

3.2.3 U.Kl. Liliidae

- ursprüngliche Blütenformel
 - * $P_{3+3} A_{3+3} G_{(3)}$

3.2.3.1 Ord. Dioscoreales

- *Yamsartige*
- Blätter
 - fiedernervig
 - Gliederung
 - * Blattspreite
 - * Blattstiel
- kreisförmig angeordnete Leitbündel

Fam. Dioscoreaceae

- meist windend
- (sub)tropisch
- *Dioscorea batatas*
 - Früchte eßbar
 - * kartoffelähnlich
- Blüten
 - meist eingeschlechtlich
 - z. T. zwittrig
 - unterständiges Gynoeceum
 - z. T. in Infloreszenzen

3.2.3.2 Ord. Liliales

- typische Liliopsida–Merkmale
 - streifenaderige Blätter
 - zerstreute Leitbündel
- Nektarsekretion
 - meist am Grunde der Tepalen bzw. Stamina
- fach– oder wandspaltige Kapseln
- giftige Alkaloide
- Blüte (JACOB ET AL., 1994)
 - Diagramm
 - * P₃₊₃ A₃₊₃ G(3)
 - Perigon
- Geophyten
 - viele Vertreter ursprünglich aus dem Mittelmeerraum
 - Trockenheit
 - viele der ersten Frühjahrsblüher
- Entwicklungsreihe
 - Rhizom → Knolle → Zwiebel
 - Zwiebel
 - * Schuppenzwiebel
 - * Schalenzwiebel

- Fruchtknoten
 - entwickeln sich häufig zu Kapseln
 - ventricid
 - * *bauchspaltig* (HERDER VL., 1983ff.)
 - * Spaltfrucht, die entlang der Bauchnaht aufspaltet
 - septicid
 - * *scheidewandspaltig* (HERDER VL., 1983ff.)
 - * coenocarpe Früchte, die im Reifezustand durch Zerbrechen der Septen in Teilfrüchte zerfallen
 - loculicid
 - * *fachspaltig, rückenspaltig, dorsicid* (HERDER VL., 1983ff.)
 - * Früchte, die ein Trenngewebe im Rückenteil der Fruchtblätter ausgebildet haben und sich bei der Samenreife an dieser Stelle öffnen

Fam. Trilliaceae

- Vegetationsorgane erinnern z. T. noch sehr an die der *Dioscoreales*
- krautige Bewohner temperater nordhemisphärischer Laubwälder
- *Paris quadrifolia*
 - Einbeere
 - giftig
 - Blüte
 - * vierzählig
 - * grünlich
 - * freigriffelig

Fam. Liliaceae

- *Liliengewächse*
- Zwiebeln
 - *Tulipa, Lilium, Fritillaria, Gagea*
- Knollen
 - (*Colchicaceae*) (SITTE ET AL., 1998)
 - Colchicin-Gruppe
 - * nicht-steroidale Alkaloide
 - * sehr giftig
 - Spindelgift
 - hemmt die Mitosespindel
 - *Colchicum autumnale*

- * Herbst
 - Sproßknolle bildet Blütenproß
 - Blüten mit langen Perigonröhren
- * Frühjahr
 - Laubblätter und Früchte
 - basales Internodium wächst zu neuer Knolle heran
- Lianen
 - *Smilax*
 - * rankenartig verlängerte Blattscheiden
 - * Beeren

3.2.3.3 Ord. Asparagales

- *Spargelartige*
- Charakteristikum: Septalnektarien
- weite Verbreitung von Steroidsaponinen bzw. Herzglykosiden
- Beeren oder loculicide Kapseln
- schwarze Samen

Fam. Convallariaceae

- *Maiglöckchengewächse*
- syntepal
- keine Zwiebeln
- Beeren
- krautig
- *Convallaria majalis*
 - Maiglöckchen
- *Polygonatum*
 - Salomonssiegel, Weißwurz
- *Maianthemum*
 - Schattenblume

Fam. Asparagaceae

- *Spargelgewächse*
- Phyllokladien
 - Regel: Blüten und Früchte stehen immer an der Achse!
- *Asparagus officinalis*
 - Spargel
- *Ruscus*
 - Mäusedorn
 - besonders im Mittelmeerraum

Von der
Ferne
und un-
gebildet
würde
man
sagen, es
ist ein
Blatt

Fam. Dracaenaceae

- *Drachenbaumgewächse*
- paläotropisch
- Holzpflanzen mit anomalem Dickenwachstum
- auch krautige Faser- und Zierblattpflanzen (SITTE ET AL., 1998)
- *Dracaena draca*
 - Kanarischer Drachenbaum
 - bis 18 m hoch
- *Cordyline, Sansevieria, Phormium tenax*

Fam. Agavaceae

- Blattsukkulenz
- hapaxanth
 - sterben nach dem Blühen und Fruchten
- unterständiges Gynoeceum
- auch Faserpflanzen
 - *Agave sisalana*
- Hauptgattungen
 - *Yucca, Agave*

Fam. Iridaceae

- *Schwertliliengewächse*
- Sproßknollen
 - *Crocus*
- Rhizome
 - *Iris, Gladiolus*
- Blüten
 - Diagramm (SITTE ET AL., 1998)
 - *– ↓ P3+3 A3+0 G(3̄)
 - *Crocus*
 - * radiär
 - * alle Perigonblätter gleichartig
 - *Gladiolus*
 - * dorsiventral
 - nur noch ein Staubblattkreis
- *Iris*
 - meist kriechende Rhizome
 - Blätter
 - * Flachblätter
 - * unifacial
 - * schwertförmig
 - * mit den Scheiden der Sproßachse “reitend” aufsitzend (SITTE ET AL., 1998)
 - Blüte
 - * monochasiale Infloreszenzen
 - Fächer
 - * radiär
 - * äußere und innere Perigonblätter verschieden
 - herkogam (JACOB ET AL., 1994)
 - * kronblattartig verbreiterte Griffeläste legen sich über die Staubgefäße
 - Antheren können nicht mit den Narben in Berührung kommen
 - Narben breit entwickelt
 - * Anlockungsfunktion
 - * liegen direkt über dem Staubgefäß
- Safran
 - Griffeläste eines *Crocus*

Fam. Hyacinthaceae

- traubige Blütenstände
- oberständiges Gynoeceum
- verwachsene Tepalen
 - *syntepal*
 - Röhren
- Zwiebeln
 - *Hyacinthus, Scilla, Ornithogalum, Muscari*

Fam. Alliaceae

- *Lauchgewächse*
- scheindoldige Blütenstände
- S-haltige Lauchöle
 - charakteristischer Geruch
- *Allium cepa*
 - Zwiebel
- *A. sativum*
 - Knoblauch
- *A. schoenoprassum*
 - Schnittlauch

Fam. Amaryllidaceae

- Blüte
 - zymöse Blütenstände
 - * *sympodial*
 - * Hauptachse schließt mit Endblüte ab
 - * Seitenachsen setzen Verzweigungssystem fort
 - Folge jeweils mit einer Blüte abschließender Sproßglieder
 - * Gegensatz: racemöse Blütenstände
 - *monopodial*
 - besitzen Monopodium (den Seitenachsen übergeordnete Hauptachse)
 - * vgl. (BISKUP, 1999c)
 - unterständiges Gynoeceum
 - nur drei Staubblätter
 - Diagramm

P3+3 A3+3 G($\bar{3}$)

- *Galanthus*
 - Schneeglöckchen
- *Leucojum*
 - Knotenblume
- *Narcissus*
 - Narzissen

3.2.3.4 Ord. Orchidales

- *Orchideenartige, Gynandrae, Microspermae*
 - Besiedlung humusreicher Standorte
 - zunehmende Mykotrophie
- ungeheure zahlenmäßige Zunahme der Samen
- gleichzeitig Reduktion zu winziger Größe
 - Ausfall des Endosperms

Fam. Orchidaceae

- *Orchis, Ophrys, Gymnadenia, Cephalanthera, Cypripedium*
- Blüte
 - unterständiges Gynoeceum
 - * dreiblättrig
 - * einfächrig
 - * parietale Placenten
 - *Labellum*
 - * Lippe
 - * eigentlich oben
 - * Resupination
 - Fruchtknoten dreht sich um 180°
 - infolge Torsion von Fruchtknoten oder Blütenstiel
 - Lippe Anflugplatz für Insekten
 - Sporn
 - zwei große Gruppen
 1. zwei Staubblätter fertil
 - * seitliche (laterale) Staubblätter des inneren Kreises
 - * *Cypripediaceae*
 - Frauenschuhgewächse

- 2. ein Staubblatt fertil
 - * medianes Glied des äußeren Staubblattkreises
 - * *Orchidaceae s. str.* (SITTE ET AL., 1998), *Orchidoideae* (JACOB ET AL., 1994)
 - eigentliche Orchideen
- Gynostemium
 - * Verwachsung von
 - Staubblatt/Staubblättern
 - Griffel
 - Narben des Fruchtknotens
- Pollinarium
 - * Pollinium
 - Vereinigung aller Pollenkörner in einer Theka
 - bis zu 4 Mio.
 - bei *Orchidoideae* (JACOB ET AL., 1994)
 - * Caudicula
 - Stielchen
 - * Klebscheibe
 - Klebkörper
- *Catasetum*
 - * schießt Pollinarium zielgerichtet auf das Insekt ab
- Verhältnis Pollen/Samenanlage 1:1
- Anpassung an das Kopulationsverhalten der bestäubenden Insekten
 - * Bsp.: *Ragwurz*
 - * Aussehen wie Insekt
 - * sogar Pheromone werden gebildet
 - ♀♀ bestäuben im Balzflug die Orchideen
- sehr sensibles System
 - überdauerungsorgane
- sehr kleine Samen
 - Embryo ca. 0,1 mm
 - Entwicklung meist nur nach Infizierung durch bestimmte Pilze möglich
 - endotrophe Mykorrhiza, *Mykotrophie*
 - Samen ohne Nährstoffe
 - *Neottia nidus-avis*
 - * ganz heterotroph
 - * parasitiert auf Mykorrhiza-Pilz
- Epiphytismus
 - *Vanilla planifolia*, *Laelia*, *Cattleya*

- Saprophytismus
 - *Neodia nidus-avis*, *Corallorhiza*
- viele tropische Vertreter
 - sehr viel Epiphytismus
- Vanillin
 - *Vanilla planifolia*
 - * wächst als Liane
 - ursprünglich aus dem Gynoeceum gewonnen
 - wird erst durch Trocknungsprozeß freigesetzt
- System
 - ca. 20 000 Arten
 - 700–800 Gattungen
 - sehr gut erforscht
 - * attraktiv und interessant

3.2.4 U.Kl. Arecidae

3.2.4.1 Ord. Arecales

- einzige Ordnung

Fam. Arecaceae

- *Palmengewächse*
- einzige Familie
- Spatha
 - Hochblatt
 - bisher mit Arales zusammengefaßt
- sehr alte Gruppe
 - erste Funde aus der Kreidezeit
 - sehr ursprüngliche Verhältnisse
- zwei große Gruppen
 1. Fiederpalmen
 2. Fächerpalmen
- Stamm
 - trägt oben Blattschopf

- typisch monocotyl
- Gefäße über den gesamten Querschnitt verteilt
- früher zur Sago–Gewinnung herangezogen (vgl. S. 132)
- Bewurzelung
 - typisch monocotyl
 - Homorrhizie
 - * vgl. (BISKUP, 1999c)
- Blüte
 - spiralig
 - z. T. getrenntgeschlechtlich
 - breites morphologisches Spektrum
- Stellung (SITTE ET AL., 1998)
 - Mittelstellung zwischen *Liliidae* und *Commelinidae*
 - vermutlich lange selbständige Entwicklung
- *Cocos nucifera*
 - Kokosnuß
 - Steinfrucht:
 1. Exokarp
 - * glatt
 2. Mesokarp
 - * faserig
 - Kokosfasern
 - * luftig
 - Schwimmfähigkeit
 3. Endokarp
 - * steinig
 - * drei Keimgruben
 - eine wird bei der Keimung vom dahinter liegenden Embryo durchbrochen
 4. Endosperm
 - * außen fest und öereich
 - Kokosraspeln
 - * innen flüssig
 - Kokosmilch
- *Areca catechu*
 - Betelnuß
 - braunes, ruminiertes Endosperm
 - * vgl. (BISKUP, 1999c)

- Genußmittel
 - * anregend, unterdrückt Hungergefühl
 - * wird gekaut
- *Phoenix dactylifera*
 - Einblatt–Beere
- *Chamaerops humilis*
 - südwestmediterrane Zwergpalme
 - im Mittelmeer–Gebiet
 - am weitesten nach Norden vorgedrungene Palmenart
- *Elaeis guineensis*
 - Ölpalme
 - echtes Palmöl
 - in Westafrika
- *Phytelephas macrocarpa*
 - Elfenbeinpalme
 - horniges Endosperm
 - Knopferstellung aus dem Samengewebe
- *Metroxylon*
 - in SO–Asien beheimatet
 - Gewinnung des echten Sago
 - * Stärke
 - * dient der einheimischen Bevölkerung als (einseitiges) Grundnahrungsmittel

3.2.5 U.Kl. Commelinidae

- zwei Hauptevolutionstendenzen
 1. weitgehende Anpassungen an die Zoogamie
 - bes. *Bromeliales*, *Zingiberales*
 2. extreme Anpassungen an die Anemogamie
 - *Poales*, *Juncales*, *Cyperales*
- progressivste Unterklasse der Monocotyledoneae (SITTE ET AL., 1998)

3.2.5.1 Ord. Bromeliales

- *Ananasartige*

Fam. Bromeliaceae

- *Ananasgewächse*
- einzige Familie
- schmalblättrige Rosettenpflanzen
- im wesentlichen Epiphyten
- Cisterne
 - von Blättern gebildet
 - dient der Ernährung
- Wurzeln in der Regel Haftorgan
- Blüten
 - lilienartig
 - epigyn
 - * vgl. (BISKUP, 1999c)
 - radiär
 - oft ornithogam
- *Tillandsia usueoides*
 - flechtenartig reduzierter Epiphyt
- *Ananas sativus*
 - nicht epiphytisch
 - * wird auf Feldern angebaut
 - Ananas Fruchtstand
 - Achse wächst durch

Da
hängen
sie und
leben von
Luft und
Licht,
und Sie
sehen, es
geht
ihnen
gut, sie
blühen...

3.2.5.2 Ord. Zingiberales

- *Scitamineae*
- Charakteristika (SITTE ET AL., 1998)
 - dorsiventrale bis asymmetrische Blüten
 - fortschreitende Rück- bzw. Umbildung der Staubblätter
 - * zu *corollinischen Staminodien*
 - Endo- und Perisperm in den Samen
- tropisch-mesophile *Rhizomstauden*
- Zoogamie, Ornithogamie

Fam. Musaceae

- *Bananengewächse*
- Scheinstämme
 - von dicht geschlossenen Scheiden der großen Blätter gebildet
- Blüten
 - $P_{3+3} A_{2+3} \overline{G(3)}$
 - blühen sukzessive auf
 - * erste Blüten nur ♀
 - * Hauptteil zwittrig
 - * letzte Blüten nur ♂
 - großer Nektarsack
 - Ornithogamie
 - Narben relativ groß
- Früchte
 - handförmige Fruchtsände
 - in der Achsel eines Deckblattes
 - gehen aus einem Teil des Blütenstandes hervor
- *Musa paradisiaca*
 - parthenokarp
 - * “jungfernfrüchtig”
 - * samenlos
 - Blütenstand
 - * überhängend
 - * endständig
 - * trägt zahlreiche beerenartige Früchte
 - in doppelten Querreihen kollateraler Beiknospen
- *Strelitzia*
 - südafrikanisch
 - farbenprächtige Blüten
 - Ornithogamie
- *Ravenala*
 - “Baum der Reisenden”
 - in Madagaskar
 - Blätter
 - * groß

- * scheidig
- * fächerartig
- in der Blattscheide gesammeltes Wasser
- dt. Name!

Fam. Zingiberaceae

- *Ingwergewächse*
- tropische Staudenpflanzen
 - besonders in den Tropen Südostasiens
- Rhizom
- Blüte
 - dorsiventral
 - nur noch ein fertiles Stamen
 - Ausbildung einer Lippe
 - * *Labellum*
 - * durch Verwachsung zweier (innerer) Stamina
 - andere Entstehung als bei den *Orchidaceae*!
- reich an etherischen ölen
 - Rhizome vielfach Heilmittel oder Gewürze
- *Zingiber officinale*
 - Ingwer
 - Gewürz–Gewinnung aus dem Rhizom
- *Curcuma*
 - gelber Farbstoff im Curry

Fam. Cannaceae

- Blüte
 - asymmetrisch
 - nur noch halbes Staubgefäß fertil
 - * andere Hälfte, andere Staubblätter und Griffel kronblattartig
- *Canna indica*
 - indisches Blumenrohr

3.2.5.3 Ord. Pontederiales

- *Wasserhyazinthenartige*

Fam. Pontederiaceae

- *Eichhornia crassipes*
 - Wasserhyazinthe
 - lebt tropisch auf Gewässern
 - Aerenchym
 - starkes Wurzelsystem
 - * zur Nahrungsaufnahme
 - Schwimmrosette
- Blüte
 - hypogyn
 - zwittrig
 - neigt zu Dorsiventralität und Syntepalie

3.2.5.4 Ord. Commelinales

- meist noch entomogam
- zwittrblütig
- kapselfrüchtig
- (sub)tropisch

Die
Comme-
linales,
die
schenken
wir uns
hier

Fam. Eriocaulaceae

- “Korbblütengewäche” unter den Monokotylen (KÖHLER, 1999)
- kopfige Pseudanthien mit Hülle (SITTE ET AL., 1998)
 - ähnlich den *Asterales*!

3.2.5.5 Ord. Juncales

- *Binsenartige*
 - Charakteristika
 - Stengelknoten
 - * kaum hohl
 - * nicht verdickt
 - dreizeilige Blattstellung
- dienen der Unterscheidung von den *Poaceae*

Fam. Juncaceae

- windblütig
- Charakteristikum
 - Blütenreduktion
- *Juncus*
 - Binsen
 - Tragblatt des Blütenstandes setzt Halm fort
 - gekammertes Durchlüftungsgewebe
 - * entsprechend dem nassen Standort
- *Luzula*
 - Hainsimsen
 - grasähnlich
- Blüte
 - komplettes Monocotylen–Diagramm
P3+3 A3+3 G(3)
 - Fruchtknoten
 - * synkarp
 - * meist zahlreiche Samenanlagen
 - Kapsel Früchte

3.2.5.6 Ord. Cyperales**Fam. Cyperaceae**

- *Seggengewächse, Sauergräser, Riedgräser*
- Entwicklung wesentlich weiter fortgeschritten
- kätzchenartige Infloreszenzen
- getrenntgeschlechtlich
- Blüten
 - ♂
 - * ein Tragblatt
 - * drei Staubblätter
 - ♀
 - * in der Achsel eines Tragblattes
 - * *Utriculus*
 - Schlauch
 - schließt Fruchtknoten ein

- Herkunft des Utriculus
 - * aus dem Tragblatt der ♀ Blüte
- eingeschlechtliche Blütenstände
 - * Infloreszenzen
 - * von beidgeschlechtlichen Blütenständen abzuleiten
 - *Elyna*
 - * Deckblatt aus dem Deckblatt der gesamten Infloreszenz
- dreikantiger Stengel
 - dreizeilige Blattstellung
- Vorkommen
 - weltweit
 - Feuchtbiotope
 - * Hauptproduzenten des Torfes
- *Eriophorum*
 - Wollgras
 - Wollbüschel umgebildete Kelchblätter
- *Cyperus papyrus*
 - Halme bis über einen Dezimeter dick
 - lieferte im Altertum Papyrus

3.2.5.7 Ord. Poales

- *Gräserartige*
- wichtiger Bestandteil von
 - Prärien
 - Savannen
- ca. 700 Gattungen
- > 10 000 Arten

Fam. Poaceae

- *eigentliche Gräser, Süßgräser*
- charakteristischer Merkmalskomplex
 - zweizeilige Blattstellung
 - Knoten
 - Blattgelenk
 - Ligula

- * Blatthäutchen
- * in der Achsel zwischen Blatt und Stengel
- Blüten
 - * Ährchen
- biologische Funktion des Knotens
 - Fähigkeit des Grashalms, sich aufzurichten
 - nach Wind, Regen, etc.
- Anemogamie
- Blüten
 - Ährchen
 - * zwei Hüllspelzen
 - Schutz
 - * Deckspelzen
 - Vorblätter jeder einzelnen Blüte
 - Grannen Fortsätze der Deckspelzen
 - * Vorspelze
 - zweikielig
 - adossiert
 - adossiert** Stellung des Vorblattes eines Seitensprosses in der Mediane des Seitensprosses an der der Stammachse zugekehrten Seite. Die Rückseite (Blattunterseite) lehnt sich an der Stammachse an. (HERDER VL., 1983ff.)
 - * zwei *Lodiculae*
 - Schwellkörper
 - einziger Perianthrest
 - öffnen die Blüte bei der Anthese
 - Anthese** Entwicklung der Blüte vom Beginn der Knospenentfaltung bis zum Beginn des Verblühens (HERDER VL., 1983ff.)
 - Androeceum
 - * drei Stamina
 - Gynoeceum
 - * einsamig
 - * pseudomonomer
 - * mit zwei federigen Narben
- *Bambusa*
 - Bambus
 - in SO–Asien
- *Oryza*
 - Reis
 - Ährenrispengras

- *Avena*
 - Hafer
- *Triticum*
 - Weizen
 - *Einkorn, Emmer, Spelt oder Dinkel*
- *Secale*
 - Roggen
- *Hordeum*
 - Gerste
- *Panicum, Pennisetum*
 - Hirsen
- *Saccharum officinarum*
 - Zuckerrohr
 - eine der ergiebigsten Kulturpflanzen
 - wichtigster Zuckerlieferant
 - insbesondere auf Kuba angebaut
- *Zea*
 - Mais
 - höchstentwickelter Vertreter der Gräser
 - getrenntgeschlechtlich
 - * ♀
 - basal (unten)
 - Kolben
 - * ♂
 - apikal (oben)
- ursprünglich auf jedem der großen Kontinente eigenes Kulturgras
 - Mexiko
 - * Mais
 - Afrika, Ostasien, Indien
 - * Hirse
 - Vorderasien und Mittelmeerraum
 - * Weizen, Roggen, Hafer
 - SO-Asien
 - * Reis

3.2.5.8 Ord. Typhales**Fam. Typhaceae**

- *Rohrkolbengewächse*
- sumpfbewohnend
- eingeschlechtlich-monözisch
- Rhizomstauden
- *Sparganium*
 - Igelkolben
 - kugelige ♀ und ♂ Teilblütenstände
 - Perianth
 - * häutig
 - * sechs- oder dreiteilig
- *Typha*
 - Rohrkolben
 - ♀ und ♂ Blüten an einer durchgehenden Achse
 - * zu dichten Walzen zusammengedrängt
 - * statt Perianth nur Haarsaum
- Anemogamie
- getrennt geschlechtlich
 - ♂
 - * apikal
 - * komplette Infloreszenz
 - ♀
 - * basal
 - * sehr weit reduziert
 - * Perianth nur noch Zipfel
 - * Fruchtknoten
 - groß entwickelte Narbe

Zusammenfassung und Wiederholung

URL Aktuelle Informationen und Links zu diesem Kapitel im Internet unter <http://www.till-biskup.de/studium/stb/botanik-systematik/kapitel3.html>

Fragen

1.

weiterführende Literatur

Teil II
Evolution

Kapitel 4

Evolutionäre Morphologie

Übersicht

1. Evolution der Blüte
 - 1.1 Herkunft der Blüte
 - 1.2 Evolution des Perianths
 - 1.3 Evolution des Androeceums
2. Evolution des Gynoeceums/Frucht–Evolution
 - 2.1 Frucht
 - 2.2 Entwicklung der Narbe
 - 2.3 Entwicklung des Fruchtblattes
3. Evolution der Leitungssysteme
 - 3.1 Stelärtheorie
 - 3.2 Telomtheorie

Evolutionäre Morphologie Evolution der Grundorgane und ihrer Metamorphosen, insbesondere Blütenbau, Fruchtformen, Leitungssysteme

4.1 Evolution der Blüte

4.1.1 Herkunft der Blüte

- Neotenie
 - vorzeitiger Abschluß der Ontogenese
 - Organe bereits im Jugendstadium fortpflanzungsfähig (KÖHLER, 1999)
 - Blüte Knospe eines Sprosses
 - wird in diesem Zustand fortpflanzungsfähig

4.1.1.1 Pseudanthien-Theorien

- Pseudanthien-Theorie (SITTE ET AL., 1998)
 - WETTSTEIN
 - ♂ und ♀ Blüten der Gnetopsida mit Tragblättern
 - * zu Perigon und Staubblättern bzw. Karpellen und Samenanlagen der Angiospermae umgeformt
 - vergleichbar der Pseudanthienbildung bei *Euphorbia*
 - Blüte aus Blütenstand hervorgegangen (KÖHLER, 1999)

4.1.1.2 Euanthien-Theorie

- Euanthien-Theorie (SITTE ET AL., 1998)
 - HALLIER
 - Karpelle
 - * aus eingerollten Megasporophyllen vom Typus *Cycas*
 - Staubblätter und Perianth
 - * entsprechen vergleichbaren Organen der Bennettitopsida
 - all dies zu Zwitterblüten zusammengefaßt
 - gestauchter Kurzsproß (KÖHLER, 1999)
 - * außen Hüllblätter
 - * innen fertile Blätter
- modifizierte Euanthien-Theorie (SITTE ET AL., 1998)
 - Angiospermae stammen von keiner Cycadophytina-Gruppe direkt ab
 - Verbindung mit Pteridospermen (*Lyginopteridopsida*) bzw. Anthophyten
 - Ähnlichkeit mit Cycadopsida, Bennettitopsida und Gnetopsida
 - * parallele Evolution
 - * ähnliches Differenzierungspotential
 - * ähnliches Erbgut gemeinsamer pteridospermischer Vorfahren

4.1.1.3 Anthocormus–Theorie (BRÜCKNER, 1999)

- MEEUSE
- Vorläufer in grauer Vorzeit
 - noch keine Blätter
 - damalige Strukturen nicht mit heutigen Begriffen zu belegen
- Begriffe
 - Anthocormus
 - * Blütensproß
 - Gonocladium
 - * Fortpflanzungsweig
 - * besetzt mit reproduktiven Strukturen
 - (a) Gynocladium
 - (b) Androcladium
 - (c) Androgynocladium
 - Gynocladium
 - * rein ♀
 - * Monogynon
 - Androcladium
 - * rein ♂
 - * Monogynon
 - Androgynocladium
 - * zwittrig
- Entwicklung zur Blüte
 - Anthoid
 - * abgeleitete Blüte
 - Gynocladium
 - * Cupulae schließen sich
 - Androcladium
 - * gestielte Mikrosporangienträger
 - * Cupula Träger
 - Hülle
 - flacht sich ab
 - Evolution von Holanthocormoiden
 - Magnolien–Blüte
 - * sehr umstritten

generelles Problem aller Theorien (BRÜCKNER, 1999)

- Blüten immer zarte Gebilde
 - selten als Fossil erhalten
- in jüngster Zeit viele Funde der Unterkreide
- Palaeobotaniker tendieren generell zur Pseudanthien–Theorie

4.1.2 Evolution des Perianths

- primär
 - Glieder gleich
 - * nicht differenziert
 - zahlreich
 - choritepal
 - * frei, nicht verwachsen
 - spiralig
 - Formel: $P \infty, @$
- Entwicklungstendenzen
 1. Zyklisierung
 - spirozyklisch → zyklisch
 - (a) spirozyklisch
 - spiralig, azyklisch
 - (b) hemizyklisch
 - bereits bestimmte Bereiche in Wirteln
 - * Bsp.: Kronblätter
 - (c) holozyklisch
 - alle Hüllblätter und Sporophylle in Kreisen
 - Alternanz
 - * stehen “auf Lücke”
 - Unterscheidung nach Anzahl der Kreise
 - * tri-, tetra- und pentazyklische Blüten
 2. Differenzierung
 - doppelte Blütenhülle
 - * $P \rightarrow K, C$
 - Kelch
 - * Hochblatt → K
 - Krone
 - * $A \rightarrow C$
 3. Reduktion

- Anpassung an die Windblütigkeit
 - i. homochlamydeisch
 - ursprünglich
 - einheitliche Hüllblätter
 - ii. heterochlamydeisch
 - (a) durch Differenzierung der Perigonblätter
 - (b) durch Umwandlung von Staub– in Kronblätter
 - iii. monochlamydeisch
 - *haplochlamydeisch*
 - sekundär
 - durch Ausfall von K oder C
 - apetal
 - Bsp.: *Urtica*
 - iv. achlamydeisch
 - völliger Ausfall der Hülle
- 4. Verwachsung
 - kongenital
 - * Verwachsung bereits mit Anlage und weiterem Wachstum der Strukturen
 - * Gegenteil: *postgenital* (HERDER VL., 1983ff.)
 - Verwachsung erst nach der Ausbildung der Struktur
 - im Pflanzenreich selten
 - Tepalen (P)
 - * syntepal
 - Petalen (C)
 - * sympetal
 - Anpassung an Zoophilie
 - * Hummel– und Schmetterlingsblüten
 - Coevolution
- Symmetrie
 - radiär/aktinomorph
 - * strahlenförmig
 - * polysymmetrische Blüte
 - bilateral
 - * zweiseitig symmetrisch
 - * disymmetrische Blüte
 - zygomorph/dorsiventral
 - * monosymmetrische Blüte
 - * Anpassung an die Insektenbestäubung
 - asymmetrisch
 - * Bsp.: Baldrian

4.1.3 Evolution des Androeceums

- primär
 - polyandrisch
 - frei
 - spiralig
 - Formel: $A \infty, @$

Entwicklungstendenzen

1. Zyklisierung

- diplostemon
 - zwei Staubblattkreise
 - $A_{n+n}, An+n$

2. Oligomerisierung

- haplostemon
 - ein Staubblattkreis
 - A_n, An
- Reduktion gleichnamiger Teile
- zunehmende Anpassung an die Bestäubung
 - Integration der ganzen Blüte

3. Reduktion und Umbildung

- Rudiment
 - Stamminodium
 - A steril
 - Endpunkt
 - * 1 oder $\frac{1}{2} A$
- Umbildung
 - Petalum
 - Nektarium

4. Dédoublement

- sekundäre Polyandrie
- Staubblattgruppen entstehen aus einer Anlage
- zentripetal
 - zum Zentrum der Blüte fortschreitend
- zentrifugal
 - zum Rand der Blüte fortschreitend

5. Verwachsung

- Synangium
- Bsp.: Kürbis, *Asteraceae*

Alternanz

- episepal
 - zwischen den Kronblättern
 - vor den Kelchblättern
 - äußerer (unterer) Staubblattkreis
- epipetal
 - vor den Kronblättern
 - innerer (oberer) Staubblattkreis
- Störung
 1. Ausfall von Staubblattkreisen
 2. Obdiplostemonie
 - durch nachträgliche Wachstumsverschiebungen
 - epipetale Staubblätter
 - * später angelegt
 - * werden weiter nach außen verschoben als früher angelegte episepale

Evolution des Mikrosporophylls

- ursprünglich
 - groß
 - blattartig
 - Nervatur
 - viel steriles Gewebe
- rezent
 - Staubfaden
 - hohe Effektivität mit geringem Materialaufwand
- Terminologie
 - Stamen
 - * Staubblatt, Staubgefäß
 - Anthere
 - * Staubbeutel
 - Konnektiv
 - * steriler Mittelabschnitt der Anthere
 - Theka (HERDER VL., 1983ff.)
 - * Antherenhälfte
 - * besteht je aus zwei Pollensäcken
 - * über das Konnektiv zum Staubbeutel verbunden
 - Filament
 - * *Staubfaden, Stielzone*
 - * Stiel des Stamens

Pollenkörner

- entstehen i. d. R. in Tetraden
- Doppelfunktion
 - Schutz des männlichen Gametophyten
 - Übertragung auf weibliche Blüte
 - Austrittsöffnung für Pollenschlauch
 - Auskeimung der Sporen auf der Narbe
- Bau
 - zweipolig
 - * distal
 - * proximal
 - Äquator
- letzter Rest des Gametophyten
- wichtig für die Systematik
 - Sporopollenine
 - * *Polyterpene*
 - * extrem widerstandsfähig
 - * können in Sedimenten Jahrtausende überdauern
- Aperturen
 - Austrittsöffnungen des Pollenschlauches
 - Struktur zur Volumen Anpassung des Protoplasten
 - Keimfalten
 - * ursprünglich eine
 - * später drei
 - * Keimmund
 - * Erhöhung der Anzahl
- Terminologie
 1. Aperturen
 - (a) Keimfalten
 - sulcat
 - * distal
 - colpat
 - * äquatorial
 - (b) Keimporen
 - ulcerat
 - * distal
 - porat

- * äquatorial
- (c) Kombination aus Keimfalte und –Pore
 - colporat
- 2. Ausbreitungseinheiten
 - Pollinium
 - * gesamter Inhalt eines Pollensackes vereinigt
 - Pollinarium
 - * Vereinigung mehrerer Pollensäcke

4.2 Evolution des Gynoeceums/Frucht–Evolution

4.2.1 Frucht

- besonderes Organ zum Einschluß des Samens
- erst bei Angiospermen
- keine Übergangsformen zwischen Gymno– und Angiospermen
- Entstehung des geschlechtlichen Fruchtblattes
 - TAKHTAJAN
 - Megaphylle in der Jugendform vorhanden
 - verwachsen zu geschlossenem Fruchtblatt
- *Degeneria*
 - Fruchtblatt mit Stiel
 - zur Blütezeit noch nicht völlig verwachsen
 - Samenanlagen sichtbar
 - Rand des Blattes drüsenförmig
 - Narbe
- Mandel
 - *gefüllte Kirsche*
 - Atavismus
 - * Fruchtblatt in der Blüte mit Blattcharakter
- Bestandteile des Fruchtblattes
 - Narbe
 - * *Stigma*
 - Griffel
 - * *Stylus*
 - Fruchtknoten
 - * *Ovar*

4.2.2 Entwicklung der Narbe

- mit dem Einschluß der Samenanlagen Notwendigkeit eines Rezeptororgans
- Entwicklungstendenz
 - Konzentration auf kleinem Blatteil
- Funktion
 - Empfängnisorgan
 - Pollenfilter
- Schutz durch Fruchtknoten
 - erste Bestäuber Käfer
 - * fraßen alle Pollen ab
- ursprünglich
 - *Degeneria*, vgl. S. 153
- höher entwickelt
 - Narbe deutlich abgegrenzt
 - besonders zur Aufnahme des Pollens geeignet
 - * papillöse Oberfläche
 - * Sekretion

4.2.3 Entwicklung des Fruchtblattes

1. *chorikarp*

- frei

2. *monomer*

- einblättrig
- durch Reduktion eines chorikarpen Gynoeceums

3. *coenokarp*

- verwachsen

(a) *synkarp*

- Seitenflächen miteinander verbunden
- bilden Trennwände

(b) *parakarp*

- Trennwände weichen nach außen zurück
- nur noch Fruchtblattränder verwachsen

(c) *lysikarp*

- trennende Fächer aufgelöst
- zentrale Plazenta
- (d) *pseudomonomer*
 - scheinbare Einblättrigkeit
 - durch Reduktion der Fruchtblätter
- Grundtendenz
 - zunehmende Integration aller Bestandteile
- Plazentation
 - Anheftung der Fruchtblätter
 - Formen
 1. laminal
 - * *Flächenständigkeit*
 - * als primitiv angesehen (JACOB ET AL., 1994)
 - * selten
 2. marginal
 - * am Rande des Fruchtblattes
 - (a) zentralwinkelständig
 - * bei synkarpem Gynoeceum
 - (b) parietal
 - * wandständig
 - * bei parakarpem Gynoeceum
 - (c) zentral
 - * bei lysikarpem Gynoeceum

4.3 Evolution der Leitungssysteme

4.3.1 Stelärtheorie (JACOB ET AL., 1994)

Stele (gr. $\sigma\tau\eta\lambda\eta$ Pfeiler, Säule) Bezeichnung für das gesamte Leitbündel-System in Wurzel und Sproßachse in der primären Ausfertigung

- Entwicklung der Leitgefäße
- vgl. Abb. 4.1
- 1. Protostele
 - zentraler Xylemstrang
 - von primitivem Phloem ohne Siebzellen umgeben
- 2. Polystele
 - Ausbildung mehrerer Xylemstränge

- durch Verwachsung bzw. Tieferverlegen der Gabelungsstellen
 - mit allseitiger Metaxylembildung
 - bei Farnen
3. Eustele
- durch Abschirmung der Induktion der Metaxylembildung
 - Metaxylembildung nur zentrifugal
 - Ausbildung von Anastomosen zwischen den Xylemsträngen
 - Bsp.: Koniferen, Dicotyledoneae
4. Aktinostele
- Metaxylembildung zentripetal
 - Bsp.: Spermatophyten–Wurzeln
5. Dictyostele
- Bündelrohr mit mehreren Blattlücken
 - bei Farnen
 - leitet zur Siphonostele über
6. Siphonostele
- Metaxylembildung tangential
 - Bsp.: Baumfarne
7. Ataktostele (SITTE ET AL., 1998)
- bei Monocotyledoneae
 - Leitbündel über den gesamten Achsenquerschnitt verteilt
 - geschlossen kollateral
 - auf *ein* konzentrisches Leitsystem zurückzuführen

4.3.2 Telomtheorie (SITTE ET AL., 1998)

Telom (gr. τέλος Ende, Ziel) Bezeichnung für die Uorgane der Urandpflanzen; ungegliederte, zylindrische, stengelförmige Gebilde mit einfachem zentralem Leitgewebestrang (Urstele), Rindenmantel aus Grundgewebe und cutinisierte Epidermis mit einfachen Stomata. (HERDER VL., 1983ff.)

- ZIMMERMANN
- Entwicklung des Kormus
- Entwicklungsschritte
 1. Übergipfelung

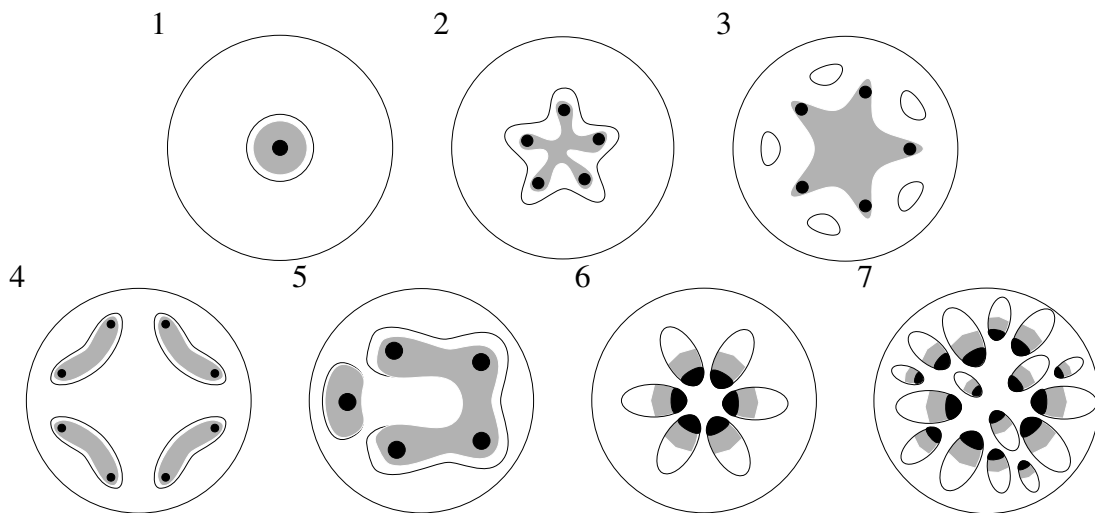


Abbildung 4.1: Ausbildungsformen der Stele, nach SITTE ET AL. (1998); 1 Protostele, 2 Aktinostele, 3 Aktinostele der Wurzel, 4 Polystele, 5 Siphonostele, 6 Eustele, 7 Ataktostele

- Differenzierung und Arbeitsteilung zwischen tragenden Haupt- und seitlichen Nebenachsen
- aus gleichwertigen Telomen
- übergipfelnder Haupttrieb
 - * erhält größeren Wachstumsimpuls als übergipfelte Schwestertriebe
- Schwestertriebe
 - * werden zu seitlich gestellten Anhangsorganen
 - * übernehmen zunehmend Assimilation

2. Planation

- Achsen der Seitentriebe richten sich in einer Ebene aus

3. Verwachsung

(a) kongenital

- auf die Planation folgend
- Telome werden zu flachen, blattartigen Anhangsorganen umgestaltet
 - Megaphyll (Makrophyll)
 - * vielfach gegliedert
 - * zunächst dichotom verzweigt

(b) dreidimensional angeordnete Telomere

- dickere parenchymatische Achse
 - * zwei oder mehr Leitstränge (statt eines zentralen)
 - * fördert Festigkeit der Achsen

4. Reduktion

- Entstehung von Mikrophyll
 - * klein
 - * ± nadelförmig
 - * einaderig

- umstritten

5. Einkrümmung

- z. B. bei Schachtelhalmen
 - * Sporangien tragende Achsen

Zusammenfassung und Wiederholung

URL

Aktuelle Informationen und Links zu diesem Kapitel im Internet unter <http://www.till-biskup.de/studium/stb/botanik-systematik/kapitel4.html>

Fragen

1.

weiterführende Literatur

Kapitel 5

Morphologische Evolution der Kormophyten

Übersicht

1. Abt. Pteridophyta
 - 1.1 Kl. Psilophytopsida †
 - 1.2 Kl. Lycopodiopsida
 - 1.3 Kl. Equisetopsida
 - 1.4 Kl. Pteridopsida
2. Abt. Spermatophyta
 - 2.1 U.Abt. Coniferophytina
 - 2.2 U.Abt. Cycadophytina
 - 2.3 U.Abt. Magnoliophytina

- großer Evolutionsschub bei der Besiedlung des Landes
 - Kormus
 - * *griech. kormós = Stamm, Sproß*
 - * drei Grundorgane
 1. Sproßachse
 - *Kormus*
 2. Blatt
 3. Wurzel
 - Lignin
 - * Holzstoff
 - mehrschichtige Blätter
 - * Cuticula
 - * Spaltöffnungen
- Herkunft der ersten Landpflanzen
 - Entwicklung aus Grünalgen
 - * besitzen gleiche Pigmentausstattung
 - * wie Kormophyten flimmerlose Geißeln an den Gameten
- Telomtheorie
 - ZIMMERMANN
 - Entwicklung des Kormus
 - Entwicklungsschritte
 1. Reduktion
 2. Übergipfelung
 3. Einkrümmung
 4. Planation
 5. Verwachsung
 - vgl. Kap. 4.3.2, S. 156
- Stelärtheorie
 - Entwicklung der Leitgefäße
 - vgl. Kap. 4.3.1, S. 155
- generelle Entwicklungstendenzen
 - zunehmende Differenzierung der Blätter
 - Sporenstände → Blüten
 - Sori: Schutz der Sporen
 - Reduktion der Megasporen bis zur Samenbildung

5.1 Abteilung: Pteridophyta

- wachsen mit Scheitelzellen
 - ⇒ meist dichotome Verzweigung
- Wurzeln primär gleichartig
 - ⇒ *homorrhiz*
- Generationswechsel
 - heteromorph
 - heterophasig
 - *Polypodium*
 - * beispielhafter Generationswechsel
- Hauptentwicklungszeit: Palaeozoikum
 - Silur — Devon — Karbon (— Perm)
 - ca. 300–400 Mio. Jahre v.u.Z.
- Progressionstendenzen der Pteridophyta (JACOB ET AL., 1994)
 1. Differenzierung zunächst gleichwertiger Gabeläste
 - Telomtheorie
 2. Vervollkommnung des Leitgewebesystems
 - Stelärtheorie
 3. Differenzierung der Blätter
 4. zunehmende Gruppierung der Sporangien
 5. Differenzierung der Sporen
 6. Reduktion der Megasporenzahl
 7. Einschluß des Prothalliums in die Spore

5.1.1 Kl. Psilophytopsida †

- *Urfarne*
- erste bekannte Landpflanzen
- Grundcharakteristik (JACOB ET AL., 1994)
 - Wurzeln und Blätter fehlen
 - * höchstens schuppenförmige Epidermalbildungen an den räumlich verzweigten Sproßachsen
 - dichotome Verzweigung
 - Sporangien terminal oder seitlich achsenständig
- einfache Achsensysteme

- *Rhynia*

- wichtiger fossiler Vertreter
- Hauptentwicklungszeit: Devon
 - * ca. 400–350 Mio. Jahre v.u.Z.
- Achsenorgane
 - * gabelig verzweigt
 - * halbmeterhoch
 - * erheben sich aus rhizomähnlichen Grundachsen
 - * tragen Spaltöffnungen
 - * von zentraler Protostele durchzogen
 - * *Telomere*
 - Enden
 - * *Mesomere*
 - Zwischenstücke

- *Asteroxylon*

- übergipfelung
- Aktinostele
 - * sternförmig
 - Name!
- Mikrophyllie
- seitliche Sporangien
 - * öffnen sich in einem Querspalt
 - ⇒ Entwicklung deutlich in Richtung der Lycopodiopsidae
- kriechende Rhizome
 - * mit wurzelähnlichen Achsen
- Gabelastsysteme
 - * anisotom
 - stärkerer und schwächerer Gabelast
 - * schuppenförmige Anhängsel
 - ähneln den Mikrophyllen von Bärlappen
 - besitzen keine Leitbündel

5.1.2 Kl. Lycopodiopsida

- *Bärlappe*

- Grundcharakteristik (JACOB ET AL., 1994)

- Mikrophyllie
- Sprosse und Wurzeln dichotom
- Sporangien einzeln auf den Blättern
 - * meist in Blüten

- kleine Blätter
 - *Mikrophyll*
 - oft mit Ligula
 - * Blatthäutchen
 - in den Achsenverzweigungen
 - annähernd nadelförmig
- Sporangien in blütenähnlicher Anordnung
- dichotom verzweigte Achse
- rezent 8 Gattungen
- Entwicklung im Devon/Karbon
- *Selaginellales*
 - “Moosfarne”
 - kleine, am Boden kriechende Pflanzen
 - erstmalig Heterosporie
 - * Mega- und Mikrosporen
 - ♀ Vorkeim keimt auf der Mutterpflanze in der Megasporenwand
 - * Ausgangspunkt einer zur Samenbildung führenden Entwicklung
- *Lepidocarpon*
 - Samenbildung
 - Megaprothallien, aber keine Embryonen

5.1.3 Kl. Equisetopsida

- *Schachtelhalmartige*
- Grundcharakteristik (JACOB ET AL., 1994)
 - Mikrophyll quirlständig
 - Verzweigung seitlich–monopodial
 - Sporangien an der Unterseite tischförmiger Sporangioophoren
- Blätter stark reduziert
 - klein und schuppenförmig
 - an den Achsen
 - *Mikrophyll*
 - eigentliche Blätter nur an den Knoten als kleine Schuppen
- Achsensysteme

Die
versucht
schon
mal die
Samen-
bildung

Meine
Damen
und
Herren,
hier frei
nachemp-
funden
eine
Mittelde-
vonische
Land-
schaft...

sie haben
das große
Blatt
noch
nicht
entdeckt

- an den Knoten zahlreiche Seitenachsen
- Achsen assimilieren
- Eustele
- Sporangiphore
 - Sporangienträger
 - stehen in Blüten
 - keine Blattorgane
 - vermutlich Achsenbildungen
- Hapteren
 - fädige Strukturen um die Sporen herum
 - feucht ausgestreckt, trocken eingerollt
 - dienen der Verbreitung
- isosporer Generationswechsel
 - Isosporie
 - * Homosporie, Gleichsporigkeit
- *Calamites*
 - Keilblattgewächse
 - Sphenophyll
 - * quirlständige Blätter
 - * meist sechszählig
 - * gabelteilig oder zu keilförmigen Flächen verwachsen
 - Devon — Perm
- rezent 32 Arten

5.1.4 Kl. Pteridopsida

- *Filicatae, Polypodiopsida* (JACOB ET AL., 1994), *eigentliche Farnpflanzen*
- Grundcharakteristik (JACOB ET AL., 1994)
 - Megaphylle
 - Verzweigung dichotom oder (meist) seitlich
 - Sporangien
 - * in Vielzahl am Rand oder auf der Unterseite der Blätter
- große Laubblätter
 - *Megaphylle*
 - meist gefiedert

- wechselständig
- bei manchen Gruppen Differenzierung in Sporo– und Trophophylle
- ca. 9000 Arten
- Entwicklung des Blattes durch Planation und Verwachsung
- Nervatur
 - gleichförmige Ordnung
 - höhere Pflanzen: hierarchische Ordnung
- Sporangienstellung
 - *Trichomanes*
 - * marginal
 - *Pteridium*
 - * submarginal
 - * falsches Indusium
 - *Polypodium*
 - * laminal
 - * Sorus
 - *Dryopteris*
 - * laminal
 - * echtes Indusium
- Sporangienformen
 - *Anulus*
 - * Bogen von Zellen
 - * vermittelt die Öffnung des Sporangiums
 - höchstentwickelte Form

5.2 Abt. Spermatophyta

- generelle Tendenz im Pflanzenreich
 - Schutz sensibler Strukturen
- Samenpflanzen
 - Megaspore bleibt im Megasporangium
 - Megasporangium von Integument geschützt
- in vieler Hinsicht weiterentwickelt als farnähnliche Pflanzen
 1. männlicher Gametophyt stark reduziert
 - oft nur noch wenige Zellen

- bei höheren Gruppen keine begeißelten Gameten mehr
- 2. Gametophyt zu Organ des Sporophyten geworden
 - gametophytische Generation stark reduziert
- 3. Epidermis ohne Chlorophyll
- 4. Exkretionsgewebe
- 5. Gefäße zunehmend differenziert
 - Eustele
- 6. keine Scheitelzellen mehr
 - Wachstum aus einem Punkt
- Spermatophyta als Gruppe polyphyletisch
 - Gymnospermae
 - * *Nacktsamer*
 - * neuere Einteilung in zwei Unterabteilungen
 1. Coniferophytina
 2. Cycadophytina
 - Angiospermae
 - * *Bedecktsamer*
- U.Abt. Coniferophytina
 - “Zapfenträger”
 - mikrophyll–stachyospor
 - * kleine Blätter (Mikrophyll)
 - * Samenanlagen direkt an der Achse
- U.Abt. Cycadophytina
 - megaphyll–phyllospor
 - * große Blätter (Megaphyll)
 - * Samenanlagen an den Blättern
- phylogenetische Entstehung der Samenanlagen
 - inneres Integument zuerst entstanden
 - * wohl von sterilen Hüll–Telomen abzuleiten
 - * bei den *Coniferophytina* einziges Integument
 - äußeres Integument
 - * wohl aus einer Achsenwucherung entstanden
 - * bei den meisten *Cycadophytina* und *Angiospermatophytina*

5.2.1 U.Abt. Coniferophytina

- *Gabel– und Nadelblättrige Nacktsamer*

5.2.1.1 Kl. Ginkgoopsida

- Hauptentwicklungszeit: Jura / Kreide
- Befruchtung der Gameten im Samen meist erst am Boden
 - 4–7 Monate nach der Bestäubung
 - ineffektiv, da keine Erfolgsgarantie bei Samenbildung
- *diözisch* (zweihäusig)
- Blattnervatur
 - weist Reste der Telomstruktur auf
- Spermatozoide
 - groß
 - spiralig begeißelt
- Pollenschlauch
 - ursprünglich Haftorgan
 - erst später Leitorgan
- *Ginkgo bilboa*
 - “lebendes Fossil”
 - einziger Vertreter der Klasse
 - *Ginkgoopsida* im Mesophytikum reich entfaltet

5.2.1.2 Kl. Pinopsida

- *Nadelhölzer*
- Pollen mit zwei großen Luftsäcken
 - von der äußeren Exineschicht gebildet
 - Funktion noch nicht eindeutig geklärt
 - verbessern die Schwebefähigkeit (JACOB ET AL., 1994)
- männliche Gametophyten stark reduziert
 - vegetative Zelle
 - generative Zelle
 - Prothalliumzelle⇒ nur noch drei Zellen
- Samenschuppe
 - entwicklungsgeschichtlich aus ursprünglichem Teilblütenstand hervorgegangen
- Samenanlage

- Mikropyle
 - * öffnung zwischen den Integumenten
 - Eindringen des Pollenschlauches
- Nucellus
 - * Rest des Sporangiums
- Vorkeim
 - * *Prothallium*
 - * in der Samenanlage
 - * bildet (meist zwei) Archegonien
- Pollen
 - kommt durch die Mikropyle
 - wird durch Bestäubungstropfen aufgenommen
 - keine Spermatozoide
 - * Spermazellen gelangen durch Pollenschlauch zu den Archegonien
- zahlreiche Keimblätter beim Keimling
 - ursprüngliches Merkmal

U.Kl. Pinidae

Fam. Pinaceae

1. UF Abietoideae

- Nadeln nur an Langtrieben
- Einzelnadeln
- (a) *Abies* (Tanne)
 - Zapfen
 - stehen aufrecht
 - lösen sich auf
 - Nadeln lösen sich mit dem Füßchen
 - Ast glatt
- (b) *Picea* (Fichte)
 - Zapfen hängen
 - Nadeln lösen sich ohne Füßchen
 - Ast rau

2. UF Laricoideae

- Nadeln an Kurz- und Langtrieben
 - im ersten Jahr Langtrieb, im zweiten Jahr Kurztrieb
- *Larix* (Lärche)

- sommergrün
- *Cedrus* (Zeder)
- immergrün

3. UF Pinoideae

- immer mehrnadelige Kurztriebe

Fam. Cupressaceae

- *Zypressengewächse*
- gegenständige oder wirtelige Nadeln
- wenigblütige Zapfen
- erstmals an Tierverbreitung angepaßte Samen
 - beerenförmige Zapfen
 - einzelne Samen von fleischiger Schuppe umwachsen

Fam. Araucariaceae

- “Zimmertannen”
- heimisch in Südamerika / Chile

Fam. Taxodiaceae

- *Sumpfyypressen*
- im Tertiär wichtige Braunkohlebildner
- heute in disjunkten Reliktarealen über die ganze Welt verbreitet (JACOB ET AL., 1994)
- *Sequoiadendron*
 - Mammutbaum
 - bis 140 m hoch
 - bis 3000 Jahre alt

U.Kl. Taxidae

- Eiben und Verwandte
- *Arillus*
 - Achsenbecher
 - rot, fleischig
 - umgibt reife Samen
 - Ornithochorie

5.2.2 U.Abt. Cycadophytina

- *Fiederblättrige Nacktsamer, "Palmfarne"*
- erdgeschichtlich parallel zu den *Coniferophytina* entwickelt
 - seit dem Mesozoikum
- Tendenzen zur Blütenbildung
- Eustele

5.2.2.1 Kl. Lycopodiopsida †

- *Pteridospermae, Samenfarne*
- Samenbildung teilweise mit zusätzlicher Hülle
 - *Cupula*
- Hauptentwicklung: Devon–Trias
 - 400–200 Mio. Jahre

5.2.2.2 Kl. Cycadopsida

- *Palmfarne*
- palmenförmige Blätter
- diözisch
- Samenanlagen zapfenähnlich

5.2.2.3 Kl. Bennettitopsida †

- *Bennettiteen*
- bildeten zwittrige Blüten mit Periant
- nur aus dem Mesophytikum bekannt

5.2.2.4 Kl. Gnetopsida

- *Chlamydospermen*
- Bsp.: *Welwitschia mirabilis*
- diözisch
 - Hinweise auf ursprüngliche Zwitterigkeit
- hochentwickelte Gefäße: Eustele
- z. T. doppelte Befruchtung
- nach neuesten DNA-Sequenzanalysen nahe verwandt mit Angiospermen
- vielleicht z. T. letzte Nachkommenschaft der *Bennettitopsida* (JACOB ET AL., 1994)

5.2.3 U.Abt. Magnoliophytina

- *Angiospermae, Angiospermophytina, Bedecktsamer*
 - Samen bedeckt von Fruchtknotengewebe
 - mehr als die Hälfte der bekannten Arten des Pflanzenreiches
 - ca. 250 T. von 400 T.
 - Grund für die Vielfalt und Überlegenheit
 - in fast allen Merkmalen effiziente Strukturen
1. Fruchtblatt
 - Schutz
 - Verbreitung des Samens
 2. Narbe
 - Empfängnisorgan
 - Pollenfilter
 3. Generationswechsel
 - Gametophyt auf wenige Zellen beschränkt
 4. krautige Pflanzen
 - nicht bei den Gymnospermen
 - in einer Vegetationsperiode gesamte Generation vom Samen über grüne Pflanze bis zum Samen
 - * bei Wüstenpflanzen in wenigen Wochen
 - hohe Vermehrungsrate
 - * hohe Variabilität
 5. Nährgewebe
 - wird erst bei relativ sicherer Befruchtung gebildet
 - *doppelte Befruchtung*
 - triploides sekundäres Endosperm
 6. effektive Leitgewebe
 - Megaphyll nur bei guter Versorgung möglich
 7. Wechselwirkung zu Bestäubern
 - *Coevolution*
 - * zwischen Pflanze und Insekt
 - Tierverbreitung der Samen und Früchte
 - Käfer erste Bestäuber
- Kriterien zur Beurteilung der Richtung der Evolution
 - Fossilfunde
 - Verbreitung der Merkmale

- * weit verbreitet = ursprünglich
- * eng begrenzt = abgeleitet
- Jugendformen
 - * häufig ursprüngliche Merkmale
- komplizierte Merkmale in der Regel abgeleitet
 - * aber: auch sekundäre Reduktion
- zwei Grundregeln
 1. Kein Organ tritt als Rudiment, sondern stets als funktionsfähiges Organ in Erscheinung.
 2. *Dollos-Regel, Irreversibilitätsprinzip*
Komplexe Evolutionsvorgänge sind nicht umkehrbar.
 - * Bsp.: Wolfsmilchgewächse
 - *Cyathium* — Blütenstand mit der Funktion einer Blüte

5.2.3.1 Blüte

Blütenbau

1. Perianth

- ursprünglich
 - Perigon (P)
 - * Tepalen
 - * Blütenhülle
- durch Differenzierung der Perigonblätter
 - Calyx (K)
 - * Sepalen
 - * Kelch
 - Corolle (C)
 - * Petalen
 - * Krone

2. Androeceum (A)

- Stamen, pl. Stamina
- Staubblatt

3. Gynoeceum (G)

- Karpell
- Fruchtblatt

• Symbolik

- * radiärständig
- ↓ zygomorph (monosymmetrisch)

- |· disymmetrisch
- × in der Phylogenie verlorengegangen
- ∞ große, unbestimmte Zahl
- @ schraubig
- () Verwachsung
- Phylogenie
 - Kelchblätter
 - * Hochblätter, die in die Blütenregion gerückt sind
 - Kronblätter / Blütenblätter
 - (a) gefärbte Blätter zur Anlockung
 - (b) aus Staubblatt
 - *Nymphaea, Rosa*
 - alle Übergänge zwischen Staub- und Kronblatt

Bestäubung

- Definition
 - Übertragung der Mikrospore und des darin enthaltenen wenigzelligen Mikroprothalliums auf die Narbe (JACOB ET AL., 1994)
- Übertragung des Pollens
 - generell Begriffe auch als –philie (Bsp.: Anemophilie)
 - (a) Zoogamie
 - bei den Angiospermen ursprünglich
 - Entwicklung
 - * Käfer
 - phylogenetisch alt
 - fressen im Überfluß produzierten Pollen
 - * Nektarblumen
 - v. a. durch *Hymenopteren* und *Lepidopteren* bestäubt
 - * Fallen- und Täuschblumen
 - *Arales, Orchidaceae*
 - Entomogamie
 - * Insektenblütigkeit
 - * vgl. Tab. 3.1.2, S. 79
 - Ornithogamie
 - * Vogelblütigkeit
 - * Charakteristikum
 - grelle Farben
 - Chiropterogamie
 - * Fledermausblütigkeit

- * Charakteristikum
 - Robustheit der Blüten
- (b) Anemogamie
 - Windblütigkeit
- (c) Hydrogamie
 - Wasserbestäubung
 - selten
 - Bsp.: Seegras
- Allogamie
 - Fremdbestäubung
 - Rekombination der elterlichen Genome
 - Selektionsvorteil
- Autogamie
 - Selbstbestäubung
 - relativ selten
 - Selektionsvorteil der Allogamie
 - Kleistogamie
 - * Blüten öffnen sich gar nicht
 - * Bsp.: manche Veilchenblüten
- Verhinderung der Autogamie
 - Heterostylie
 - * *Verschiedengriffeligkeit*
 - * Bsp.: Primel
 - Herkogamie
 - * räumliche Trennung von Narbe und Antheren
 - * Bsp.: *Iris*
 - Dichogamie
 - * zeitliche Trennung der Reife der ♂ und ♀ Blütenorgane
 - 1. Prot(er)andrie
 - * *Vormännlichkeit*
 - * frühere Reife der Antheren
 - * Bsp.: *Asteraceae*
 - 2. Prot(er)ogynie
 - * *Vorweiblichkeit*
 - * frühere Narbenreife
 - * Bsp.: *Plantago* (Wegerich)
 - * Gegenteil: Homogamie
 - gleichzeitige Reifung der ♀ und ♂ Organe
 - Inkompatibilität
 - * Hemmung der Pollenkeimung und des Pollenschlauchwachstums
 - * durch Selbststerilitätsgene

Befruchtung und Samenentwicklung

- Embryosack
 - Megagametophyt
 - * letzter Rest des ♀ Gametophyten
 - Reduktion des Gametophyten bis an die Grenze des Möglichen
- Protospermie
 - Nacktsamer
 - primäres Endosperm
 - * aus dem ♀ Prothallium
- Euspermie
 - Angiospermen
 - triploides, sekundäres Endosperm
- Bedeutung des Endosperms
 - ursprüngliche Angiospermen
 - * kleine Embryonen
 - * viel Nährgewebe
 - Entwicklung
 - * Nährgewebe reduziert
 - * Nährstoffspeicherung direkt im Keimling
 - Walnuß
 - Keimling wird gegessen

5.2.3.2 Frucht

Entwicklung der Frucht

- charakteristisches Organ der Angiospermen
- entwickelt sich nach der Befruchtung
- viele parallele Entwicklungen durch ähnliche Verbreitungsmechanismen
 - schwer klassifizierbar
- Klassifikation
 1. chorikarp
 - primär
 - * *Balgfrucht*
 - Reduktion der Karpellzahl
 - * *monokarpide Balgfrucht*
 - * *Hülse*

- Reduktion der Samenzahl
 - * *Steinfrucht*
 - Exokarp
 - Mesokarp
 - Endokarp
 - Bsp.: Walnuß
 - * *Nuß*
 - Eichel, Haselnuß
- Sammelfrucht
 - * *Sammelbalgfrucht*
 - * *Sammelnußfrucht*
 - Hagebutte, Erdbeere
 - * *Sammelsteinfrucht*
 - Brombeere, Himbeere
 - * *Apfelfrucht*
 - im wesentlichen Achsengewebe
- 2. synkarp
 - *Kapsel*
 - *Beere*
- 3. parakarp
 - *Kapsel*
 - * Mohn
 - *Schoten*
 - * Kreuzblütler
 - *(Panzer-)Beere*
 - * Gurke, Kürbis
 - Sonderformen
 - * Samenschale fest mit Fruchtwand verwachsen
 - * *Karyopse*
 - aus oberständigem Fruchtknoten
 - Getreide
 - * *Achaene*
 - aus unterständigem Fruchtknoten
- 4. lysikarp
 - *Kapsel*

Fruchtverbreitung

- Diasporen
 - Ausbreitungseinheiten
 - Bsp.: Samen, Früchte

- Ausbildung weitgehend als Anpassung an die Art der Ausbreitung zu verstehen (JACOB ET AL., 1994)
- Zoochorie
 - *Tierverbreitung*
 - 1. Epizoochorie
 - Anhaften von Diasporen
 - Bsp.: Kleb- und Klettfrüchte
 - 2. Endozoochorie
 - Gefressenwerden ganzer Diasporen
 - Transport im Tierkörper
 - 3. Myrmekophilie
 - *Ameisenausbreitung*
 - durch Gefressenwerden von Diasporen-Anhängseln
 - * Bsp.: Elaiosomen
 - ölkörper
 - Bsp.: Veilchen, andere Waldbodenkräuter
- Anemochorie
 - *Windausbreitung*
 - Hilfsstrukturen der Diasporen
 - * Flügel
 - *Acer*
 - * haarförmige Anhängsel
 - Pappus der *Asteraceae*
 - * staubfeine Samen
 - *Orchidaceae*
- Hydrochorie
 - *Wasserausbreitung*
 - seltener
 - Bsp.: schwimmfähige Früchte von Küstenpflanzen
 - * *Cocos*
- Autochorie
 - *Selbstausbreitung*
 - selten
 - *Ecballium elaterium*
 - * Spritzgurke
 - *Impatiens*
 - * Springkraut

- wirksamste Arten der Fernausbreitung
 - natürlich
 - * Ornithochorie und Anemochorie
 - durch den Menschen und seine Verkehrsmittel weitestgehende Verbreitung möglich

5.2.3.3 Xylem–Entwicklung

- ursprünglich
 - Wasserleitung durch lebende Zellen
- Entwicklungstendenzen
 - Reduktion der Sprosse
 - Übergang Tracheide → Trachee
 - * durch Reduktion des Plasmalemmas
- Endpunkt
 - “Rohr”–System zur ungehinderten Wasserleitung

5.2.3.4 Karyologie

- Karyotyp
 - *Idiogramm*
 - Gesamtheit der genetischen Information
- Ausgangspunkt der Entwicklung bei den Angiospermen (heutige Vorstellung)
 - sieben mittelgroße Chromosomen
- durch Reduktion und Vervielfachung Vielzahl an Chromosomensätzen
- kleinste bekannte Chromosomenzahl
 - drei
 - *Crocus*
- Evolutionstendenzen
 - Reduktion
 - asymmetrische Ausbildung
 - Gliederung
 - * Satelliten
 - * Anhängsel
 - führt bis zur Arterkennung am Karyogramm
 - Verdoppelung, Vervielfachung
 - * *Polyploidie*

1. Euploidie
 - * Vervielfachung eines identischen Genoms
 2. Aneuploidie
 - * typisch bei *Carex*
- Veränderung nur durch Umlagerung möglich
 - Autopolyploidie
 - Vervielfachung des gleichen Chromosomensatzes
 - Allopolyploidie
 - Verdoppelung verschiedener Chromosomensätze
 - beim Zusammenkommen unterschiedlicher Chromosomensätze
 - in der Natur dominierend
 - Bedeutung der Polyploidie
 - wichtig für die Artbildung
 - mit am besten erforschter Mechanismus der Artbildung
 - MÜNZING
 - * Kreuzung zweier Arten
 - * Polyploidisierung
 - Ergebnis: dritte Art, die von heute existierender nicht zu unterscheiden ist
 - *Agavaceae*
 - * erst durch Karyogramm entdeckt
 - * wahrscheinlich aus Bastardisierung hervorgegangen
 - große und kleine Chromosomen
 - Vorteil der Polyploidisierung
 - in der Meiose statistisch höhere Rekombinationsrate
 - hohe Varianz durch viele Gene
 - Stabilisierung der Arten
 - Ausschluß der Rückkreuzung mit den Eltern
 - größere Kolonisationsfähigkeit
 - * Faustregel
 - Polyploidiegrad entspricht \pm dem Grad nördlicher Breite
 - nach der Eiszeit freigewordene Gebiete: Nordhemisphäre, Gebirge
 - TISCHLERSche Regel
 - Bsp.: Verbreitung der *Primulaceae*
 - Verbreitung der Polyploidie im Pflanzensystem
 1. ursprüngliche Kormophyten
 - relativ hoch polyploid

Ich finde das störend, wenn hier noch eine Viertelstunde Einzug der Gladiatoren ist, während wir eigentlich schon arbeiten

- * 108–400
- * höchste Zahl: \approx 1200
- Ausnahme: *Selaginella*
 - * diploid
- allgemein
 - * hohe Polyploidie erstarrt
 - * niedrige Polyploidie stimuliert
- 2. Gymnospermen
 - überwiegend diploid
- 3. Angiospermen
 - ca. ein Drittel polyploid

⇒ ausgewogener Mechanismus zwischen kurzzeitiger Vervielfachung und langfristiger Reduktion

5.2.3.5 Entstehung der Angiospermophytina

(JACOB ET AL., 1994)

- über Entstehungszeit und Herkunft viele Spekulationen
- Unterkreide
 - älteste Funde
 - gleich größere Zahl von Familien
 - wahrscheinlich aber nicht wesentlich früher entstanden
- Tendenz zur Angiospermie
 - bereits mehrfach im Perm–Karbon
 - noch ohne Narbenbildung
- Vorfahren
 - aus dem Bereich der *Lyginopteridatae*
 - fossile Bindeglieder unbekannt
- hohe Unwahrscheinlichkeit der mehrfachen Evolution der doppelten Befruchtung
 - Angiospermen als monophyletisch anzusehen
- Spekulationen über Ort der Entstehung gänzlich unsicher

(KÖHLER, 1999)

- nur durch paläontologische Funde Erkenntnisse möglich
- keine Übergangsformen
- keine ursprünglichen Blütenformen
- erste sichere Reste
 - untere Kreide (\approx 130 Mio. J.)
 - schon fast alle Gruppen vorhanden
- zwei Vorstellungen
 1. 150–180 Mio. Jahre alt
 - Jura
 2. \approx 300 Mio. Jahre alt
 - Perm, Trias
- *Pontomac flora*
 - aus der Unterkreide
 - spektakuläre Funde
 - * in den jüngsten Schichten der Unterkreide nur 6% Angiospermen–Reste
 - * höhere Schichten: bis 25%
 - * obere Kreide: 90–95%
- Portugal
 - ganz aktuelles Fundgebiet
- Wieso auf einmal alle da?
 1. TAKHTAJAN
 - Angiospermen in tropischen Berglagen entstanden
 - * Abtragungsräume
 - keine Fossilisierung möglich
 - erst in der Ebene Fossilien
 - harmonisiert mit Ergebnissen der Populationsgenetik
 - * in Berglagen kleinere Populationen
 - höhere genetische Veränderungsrate
 - genetische Drift
 - Hybridisierung
 - Polyploidisierung
 2. STEBBINS
 - Angiospermen in trockenen, instabilen Gegenden entstanden
 - danach “Unterwuchs” der Gymnospermen–Flora

- Angiospermen im Erdmittelalter entstanden
 - *Mesozoikum*
 - Zeitalter der Gymnospermen
 - Gymnospermen Vorfahren der Angiospermen
 - nur solche mit relativ großem Fruchtblatt
 - evtl. von Samenfarne (STRASBURGER, 32. Aufl.)

Die
Angio-
spermen
müssen
sozusagen
im
Schoße
der
Gymno-
spermen
entstanden
sein,
meine
Damen
und
Herren

Zusammenfassung und Wiederholung

URL

Aktuelle Informationen und Links zu diesem Kapitel im Internet unter
<http://www.till-biskup.de/studium/stb/botanik-systematik/kapitel5.html>

Fragen

1.

weiterführende Literatur

Anhang

Anhang A

Endosymbionten–Hypothese

Die Endosymbionten–Hypothese gilt heute als eine gute Stütze für die Evolutionslehre, erklärt sie doch elegant, warum in eukaryotischen Zellen Organellen mit Doppelmembran und eigenem Genom vorhanden sind.

Doch die auf den ersten Blick schlüssige und gut zu den Daten passende Erklärung stellt sich im Detail als nicht so einfach heraus. Neue Untersuchungen und Verwandtschaftsberechnungen aufgrund der Genomanalysen von Plastidengenomen haben bezüglich der Frage der hypothetischen Entstehung der Grünen Pflanzen ein kompliziertes Netzwerk von gegenseitigen Endosymbiosen entstehen lassen.

Übersicht

1. Ausgangspunkt
2. Inhalt der Hypothese
3. Beweise und Probleme der Hypothese
4. Konsequenzen
5. Endocytobiose

A.1 Ausgangspunkt

- heute allgemeine Annahme, daß sich erste Eukaryoten aus prokaryotischen Vorfahren entwickelt haben
 - trotz der bei den rezenten Pro- und Eukaryoten großen Unterschiede
 - Eukaryoten erdgeschichtlich jünger als Prokaryoten
- in Protocyten weder Mitochondrien noch Plastiden
 - Frage nach Entstehung in der Stammesgeschichte
- auffällige Gemeinsamkeiten zwischen Mitochondrien und Plastiden
 - doppelte Membranhülle
 - * innere und äußere Membran wesentlich verschieden
 - Besitz eigener genetischer Information
 - * mtDNA, ptDNA
 - eigene Proteinsynthesemaschinerie
 - * stimmt in wesentlichen Eigenschaften mit der der Prokaryoten überein
 - * Bsp.: 70S–Ribosomen
- bakterielle Merkmale aufweisende Strukturen der Mitochondrien und Plastiden (SITTE ET AL., 1998)
 - zirkuläre DNA
 - * ohne höherrepetitive Sequenzen
 - * mit Membrananheftung
 - * in Nucleoiden konzentriert
 - * keine Histone bzw. Nucleosomen
 - Replikation zeitlich unabhängig von S–Phase des Zellzyklus
 - nahe Sequenzverwandtschaft (z.B.) der rRNAs
 - * bei Mitochondrien mit α –Purpurbakterien
 - * bei Plastiden mit Cyanobakterien
 - nur eine rifamycinempfindliche RNA–Polymerase
 - * im Zellkern drei, unterschiedlich amanitinsensitiv
 - Enden der mRNAs
 - * keine Cap–Struktur am 5'–Ende
 - * keine Poly–A–Extension am 3'–Ende
 - Ribosomen entsprechen dem bakteriellen 70S–Typ
 - * (u.a.) nach Größe und Empfindlichkeit gegenüber Hemmstoffen
 - Translationsbeginn mit formyliertem Methionin
 - * bei cytoplasmatischen 80S–Ribosomen mit Methionin
 - stoffliche Zusammensetzung der Membranen
 - * innere Mitochondrienmembran enthält Cardiolipin

- sonst nur bei Bakterien
- dafür keine für Eucytenmembran typischen Sterollipide
- Endosymbionten–Hypothese erklärt obige Befunde auf einfache Weise

A.2 Inhalt der Hypothese

- Plasten gehen stammesgeschichtlich auf protocytische, intrazelluläre Symbionten zurück
 - *Endocytosymbionten*
 - in die Zellen urtümlicher Eukaryoten aufgenommen
 - Inkorporation vermutlich durch Phagozytose
 - * zwangsläufig Entstehung der von Plastiden und Mitochondrien her bekannten Kompartimentierung (SITTE ET AL., 1998)
- Plastiden
 - leiten sich von Cyanobakterien ab
- Mitochondrien
 - leiten sich von atmenden Purpurbakterien ab
- hypothetischer “Ur–Eucyt”
 - *Urkaryot, Proto–Eukaryot* (SITTE ET AL., 1998)
 - relativ groß
 - vermutlich wandlos
 - amöboid beweglich
 - zu Phagozytose befähigt
 - hat sich Prokaryoten einverleibt und in sein zelluläres Funktionsgefüge integriert
 - schon entwickelte wesentliche Merkmale von Eucyten (SITTE ET AL., 1998)
 - * größere Zellen
 - * Endomembransysteme mit Kernhülle
 - * lineare Chromosomen
 - * Cytoskelett und Motorproteine für Mitose (und Meiose, Sexualität)
 - * amöboide Beweglichkeit
 - * Befähigung zur Phagozytose

→ Eucyt nach dieser Hypothese begrifflich *Mosaikzelle*, keine Einzelzelle

A.3 Beweise und Probleme der Hypothese

- Endosymbionten–Hypothese nicht direkt überprüfbar
- aber zahlreiche rezente Organismen mit labilen oder stabilen Symbiosen
 - Beispiele
 1. *Pelomyxa palustris*
 - * Amöbe
 - * besitzt keine eigenen Mitochondrien
 - * Funktion wird von endosymbiontischen Bakterien übernommen
 2. *Geosiphon pyriforme*
 - * primitiver Pilz
 - * baut Cyanobakterien in seinen Zellkörper ein
 - * betreibt so Photosynthese
 3. *Cyanophora paradoxa*
 - * Flagellat
 - * “Cyanellen”
 - cytosymbiotische Cyanobakterien
 - besitzen sogar noch Reste eines Mureinsacculus
 - ähneln in genetischer Ausstattung und Art der Nitratreduktion Chloroplasten
 - Beispiele zahlreich vorhanden
 - * in fast allen Stämmen des Tier– und Pflanzenreiches
 - Bildung und Stabilisierung intrazellulärer Symbiosen (*Endocytobiose*) zwischen Pro– und Eukaryoten unter natürlichen Bedingungen möglich
 - “Domestizierung” der Mitochondrien und Plastiden
 - * Ergebnis der milliarden Jahre andauernden Koevolution
 - u. a. Erklärung für geringe DNA–Menge in den Organellen
- spezifische Proteine von Plastiden und Mitochondrien
 - mehrheitlich in Kerngenen codiert
 - an cytoplasmatischen Ribosomen außerhalb der Organellen synthetisiert
 - Widerspruch zu Endosymbionten–Hypothese
 - einfachste Erklärung
 - * umfangreicher Gentransfer aus den Organellen in den Zellkern
 - Gentransfer
 - * durch molekularbiologische Verfahren nachgewiesen
 - mtDNA–Sequenzen in Kern–DNA
 - ptDNA sowohl in mtDNA als auch im Kern
 - Spinat: gesamtes Plastidengenom auch mehrfach im Kern
 - * über Mechanismen nur Vermutungen
- Hypothese durch Sequenzvergleiche überzeugend gestützt worden

- bei analogen Proteinen
- und Nucleonsäuren aus Plastiden, rezenten Pro- und Eukaryoten
- aber: Hypothese betrachtet nur *einen* Aspekt der Eukaryoten–Evolution
 - Entstehung der DNA–haltigen Organelle
- viele andere Aspekte unberührt
 - Vergrößerung der Zelle
 - Bildung intrazellulärer Membranen und Kompartimente
 - Entwicklung von kontraktilen Elementen
 - Entstehung echter Zellkerne mit linearer DNA in Chromosomen
 - * mit Nucleosomen, Nucleolen und Kernhülle
 - auch Mitose, Meiose und Sexualität nur bei Eukaryoten
- Endosymbionten–Theorie (SITTE ET AL., 1998)
 - sehr weitreichende Konsequenzen
 - heute durch viele Daten gestützt
 - Rang einer Theorie

A.4 Konsequenzen (SITTE ET AL., 1998)

- intertaxonische Kombination
 - neue Organismen evolutiv nicht durch durch Mutation und/oder genetische Rekombination
 - auch sprunghaft durch Bildung stabiler intrazellulärer Sybiosen
 - * für epicytische (zwischenzellige) Symbiosesysteme seit langem bekannt
 - Flechte
 - entstandene “Superorganismen” zellulär und genetisch Chimären
 - moderne Eucyten chimäre *Mosaikzellen*
 - * zusammengesetzt aus Abkömmlingen von Zellen verschiedener Organismenreiche
- Symbiogenese
 - sehr lange dauernde Co–Evolution (SITTE ET AL., 1998) zwischen Wirtszellen und Endosymbionten
 - Verwandlung der Symbionten in die heutigen Organelle
 - Veränderungen
 - * Wandverlust
 - * Abstimmung von Vermehrung und konkreter Ausgestaltung auf spezielle Bedürfnisse des Wirtes
 - * Entwicklung von Translokator–Systemen in den Hüllmembranen für intensiven Stoffaustausch

- Fähigkeit, ATP bzw. Triosephosphate durch Membranen auszuschleusen
- * Verlagerung von genetischen Informationen aus Symbionten/Organellen in die Wirtszellkerne
 - kombiniert mit spezifischem Import von Proteinen (und tRNAs) aus dem Cytoplasma
- horizontaler Gentransfer
 - von den Symbionten in den Wirtszellkern
 - Mechanismus noch unbekannt
 - Grund
 - * DNA der Plastiden und im besonderen der Mitochondrien ohne genügende Informationskapazität
 - * kann nicht alle organellspezifischen Proteine codieren
 - *promiscue DNA*
 - * DNA–Sequenzen, die zwischen verschiedenen Kompartimenten eines Eucyten ausgetauscht werden
 - nach erfolgtem Gentransfer Endocytobiose nicht mehr auflösbar
 - Entwicklung und Vermehrung der Organelle vom Wirt kontrollierbar
- komplexe Plastiden
 - bei vielen Algen
 - drei oder vier statt zwei Hüllmembranen
 - aus eukaryotischen, plastidenhaltigen Endosymbionten hervorgegangen
 - * wurden bis auf Zellmembran und Plastiden reduziert
 - Plastiden einzige im Wirt noch nicht vorhandene Organellen
 - Nucleomorph
 - * Reste des Symbionten–Zellkerns
 - * bei Cryptomonaden
 - starkes Indiz für Theorie

A.5 Endocytobiose (SITTE ET AL., 1998)

- intrazelluläre Symbionten
 - bei vielen Protisten, Tieren, Pilzen und Pflanzen
 - spielen physiologisch Rolle von Organellen
- starkes Indiz für Endosymbionten–Theorie
- Beispiele
 - Rhizobium, Bradyrhizobium
 - * bei Hülsenfrüchtlern
 - * assimilieren Luftstickstoff

- * machen Wirtspflanzen unabhängig von Bodenstickstoff und Stickstoffdüngung
- endocytische Dinoflagellaten
 - * bei Steinkorallen
 - * bewirken durch Photosynthese bis zu zehnfach beschleunigtes Wachstum
- endocytobiontische einzellige Grünalgen
 - * bei Amöben, verschiedenen Ciliaten, manchen Pilzen, *Hydra*
 - * Wirte können durch Symbionten Photosynthese betreiben
 - teilweise oder ganz photoautotroph geworden
- Bildung stabiler Endocytobiosen weit verbreitet
 - * ökologisch bedeutsames Phänomen
- Endocyanome
 - Einzeller
 - besitzen Cyanobakterien als permanente intrazelluläre Symbionten
 - Symbionten übernehmen die Rolle von Chloroplasten
 - * *Cyanellen*
- Cyanellen
 - außerhalb ihrer Wirte nicht lebensfähig
 - Konturlänge der DNA nur noch $\frac{1}{10}$ derer freilebender Cyanobakterien
 - Mehrzahl cyanellenspezifischer Proteine in der Kern-DNA der Wirtszellen codiert
 - Situation auch in genetischer Sicht gleich der der Plastiden
 - * Symbionten-Charakter außer Zweifel
 - Reste einer prokaryotischen Zellwand

Literaturverzeichnis

- BISKUP, T. (1999a): *Die Zelle*. Zusammenfassung aus Büchern und Vorlesungen, unveröffentlicht
- (1999b): *Prof. Elepfandt, Ronacher, Saumweber: Vorlesung Allgemeine Zoologie, HU Berlin, WS 1998/99*. Vorlesungs-Mitschrift, unveröffentlicht
- (1999c): *Prof. P. Hoffmann: Vorlesung Allgemeine Botanik, HU Berlin WS 1998/99*. Vorlesungs-Mitschrift
- (2000): *Einführung in die allgemeine Mikrobiologie*. Vorlesungsmitschrift
- BRÜCKNER, C. (1999): *Funktionelle Morphologie der Blüten, Früchte und Samen, UE SS 1999*
- CAMPBELL, N. A. (1997): *Biologie* (Spektrum Akad. Verl., Heidelberg), erste deutsche Aufl. Dt. Übers. hrsg. v. J. Markl
- CZIHAK, G.; H. LANGER und H. ZIEGLER, Hg. (1996): *Biologie. Ein Lehrbuch* (Springer, Berlin Heidelberg), sechste Aufl.
- FRITSCH, W. (1999): *Mikrobiologie* (Spektrum, Heidelberg), 2. Aufl.
- HERDER VL., Hg. (1983ff.): *Lexikon der Biologie* (Herder und Spektrum Akad. Verl., Freiburg und Heidelberg)
- HOFFMANN, P. (1998): *Vorlesung Allgemeine Botanik, WS 1998/99*
- JACOB, F.; E. J. JÄGER und E. OHMANN (1994): *Botanik* (Gustav Fischer, Jena), vierte Aufl. UTB Bd. 1431
- KÖHLER, E. (1999): *Vorlesung Spezielle Botanik, WS 1998/99*
- MONASTERSKY, R., *The Rise of Life on Earth*. In: *National Geographic*, Bd. 193(3):(1998), S. 54–81
- RANK, B. (1999): *Funktionelle Anatomie der Pflanzen, UE SS 1999*
- ROTHMALER, W. (1994): *Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband* (Gustav Fischer, Jena), 15. Aufl.
- SITTE, P.; H. ZIEGLER; F. EHRENDORFER und A. BRESINSKY, Hg. (1998): *Strasburger. Lehrbuch der Botanik* (Fischer, Stuttgart Jena), 34. Aufl.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Phylogenetische Klassifizierung der Organismen nach drei Domänen auf Basis der ribosomalen RNA-Sequenzierung durch WOESE, nach (FRITSCHKE, 1999)	14
2.2	Porentypen, nach (JACOB ET AL., 1994)	43
2.3	Generationswechsel der Moose, nach (RANK, 1999)	60
3.1	Angiospermophytina (Magnoliophytina)	72
3.2	Liliopsida (Monocotyledoneae)	117
4.1	Ausbildungsformen der Stele	157

Tabellenverzeichnis

1.1	Systematische Kategorien	6
2.1	Gegenüberstellung der Systeme aus (SITTE ET AL., 1998) (A) und (JACOB ET AL., 1994) (B)	12
2.2	Vergleich Procyte — Eucyte; aus (BISKUP, 1999a)	27
2.3	Das System der Pilze: Gegenüberstellung von (SITTE ET AL., 1998) (A) und (JACOB ET AL., 1994) (B)	28
2.4	Das System der Algen	53
3.1	Blütenbiologische Anpassungsmerkmale	79
3.2	Übersicht über die Merkmale der Di- und Monocotyledoneae	116

Glossar

adossiert (frz. *adosser* mit dem Rücken anlehnen) Stellung des Monokotyledonen–Vorblattes in der Mediane des Seitensprosses an der der Stammachse zugekehrten Seite, so daß sich seine Rückseite (Blattunterseite) der Stammachse anlehnt. (HERDER VL., 1983ff.)

Anthese Entwicklung der Blüte vom Beginn der Knospenentfaltung bis zum Beginn des Verblühens (HERDER VL., 1983ff.)

Art Die Art ist die kleinste Abstammungsgemeinschaft, die durch mehrere konstante Merkmale von allen anderen Abstammungsgemeinschaften deutlich geschieden ist, ein selbständiges charakteristisches Areal besitzt und von anderen gleichwertigen Abstammungsgemeinschaften durch mehr oder weniger starke geschlechtliche Isolation getrennt ist. (SCHWARZ und ROTHMALER, 1950).

Evolutionäre Morphologie Evolution der Grundorgane und ihrer Metamorphosen, insbesondere Blütenbau, Fruchtformen, Leitungssysteme.

Heterotrophie organische Substanzen sind die Kohlenstoff–Quelle.

Sekundärstoffe Entstehen aus den Primärstoffen des Primärstoffwechsels. Sie werden in der Regel in der Vakuole gespeichert. Funktionen: Hormone (Phytohormone), Speicherstoffe, Duft- und Lockstoffe, Abwehrstoffe (Phytoalexine), Gifte als Schutz gegen Tierfraß, Pigmente bei der Photosynthese; oft Bedeutung für die Pflanze völlig unbekannt. (HERDER VL., 1983ff.)

Sporophylle Sporenblätter, Bezeichnung für die Sporangien tragenden Blätter bei Farn- und Samenpflanzen. Sie können entweder den assimilierenden Blättern (Trophophylle) gleichen und zusätzlich assimilieren (Tropho–Sporophylle), oder sie sind in ihrer Gestalt stark abgewandelt und erfüllen nur noch die sporenbildende Funktion. (HERDER VL., 1983ff.)

Stele (gr. $\sigma\tau\eta\lambda\eta$ Pfeiler, Säule) Bezeichnung für das gesamte Leitbündel–System in Wurzel und Sproßachse in der primären Ausfertigung.

Telom (gr. $\tau\acute{\epsilon}\lambda\omicron\varsigma$ Ende, Ziel) Bezeichnung für die Uroorgane der Urlandpflanzen; ungegliederte, zylindrische, stengelförmige Gebilde mit einfachem zentralem Leitgewebestrang (Urstele), Rindenmantel aus Grundgewebe und cutinisierte Epidermis mit einfachen Stomata. (HERDER VL., 1983ff.)

Index

- Abies*, 170
Acacia, 100
Acer, 179
Achänen, 112
Achaene, 178
Acrasin, 31
Actinidiaceae, 90
Adansonia digitata, 95
adossiert, **139**
Agavaceae, 181
Agavavaea, 125
Agave sisalana, 125
Aggregationsplasmodium, 30
Aggregationsverbände, 68
Aizoaceae, 85
Akineten, 25
akrokot, 36
aktinomorph, 149
Aktinostele, 156, 164
Aldrovanda, 99
Algae, 13
Algen, 13
Algenpilze, 33, 68
Alisma, 118
Alismataceae, 118
Alismatales, 117
Alismatidae, 117
Alliaceae, 127
Allium
 A. cepa, 127
 A. sativum, 127
Allogamie, 176
Allopolyploidie, 181
Alternanz, 148
amöboid, 51
Amaranthaceae, 87
Amaranthus, 87
Amaryllidaceae, 127
Ameisenausbreitung, 179
Anamorphe, 34, 35, 44
Ananas sativus, 133
Ananasartige, 132
Anastatica hierochuntica, 92
Anatomie, 7
Anchusa, 107
Androeceum, 174
Androgynophor, 92
Anemochorie, 179
Anemogamie, 141, 176
Aneuploidie, 181
Angiospermatophytina, 168
Angiospermen, 182
Angiospermie, 182
Angiospermophytina, 71
Angiospermophytina
 Entstehung, 182
Anisogamie, 34
Annonaceae, 73
Antennaria dioica, 113
Antheridien, 35, 56, 57, 59, 62, 67
Anthese, **139**
Antibiotika, 14
Anulus, 167
Aperturen, 152
Apfelfrucht, 178
Aplanobiota, **12**
Aplanobiota, 13, 28, 49, 54
Aplanosporen, 33
Apogynaceae, 104
Apothecien, 47
Appressorium, 45, 47
Araceae, 119
Arachis hypogaea, 101
Arales, 119
Araucariaceae, 171
Archaea, 17
Archaeobacteriobiota, 19
Archegoniaten, 57, 67
Archegonien, 35, 56, 57, 59, 62, 67, 170
Archegonium, 62
Archospor, 63
Areca catechu, 131
Arecaceae, 130
Arecales, 130
Arecidae, 130
Arhizophyta, 58
Aridae, 119
Arillus, 171
Aristolochia clematitis, 76
Aristolochiaceae, 76, 120

- Aristolochiales*, 76
 Aronstabgewächse, 119
 Art, 6
Artemisia, 114
 Arthrosporen, 40
Arum, 120
Arum
 Arum maculatum, 120
Asarum europaeum, 76
 Ascidien, 26
Asclepiadaceae, 104
 Ascogon, 35, 40
Ascolichenes, 44
Ascomycetes, 39, 41–44, 47, 48
 Ascus, 39, 43
Asparagaceae, 125
Asparagales, 124
Asparagus officinalis, 125
Asteraceae, 111, 112, 150, 176, 179
Asterales, 112, 136
Asteridae, 103, 114
Asteroideae, 113
Asteroxyla, 65
Asteroxylon, 164
 Ataktostele, 156
 Atavismus, 153
 Atemöffnungen, 62
Atropa belladonna, 107
 Augenfleck, 52
 Augentierchen, 52
 Autochorie, 179
 Autogamie, 176
 Autopolyploidie, 181
Avena, 140
Avicennia, 109

 Bärlappe, 64, 66, 164
 Bündelrohre, 156
Bacillariophyceae, 54
Bacteria, 19
 Bakterien, 68
 Bakteriophagen, 12, 14, 15, 21
 Bakteriorhodopsin, 19
 Balgfrucht, 177
 monokarpide, 177
Bambusa, 139
 Bananengewächse, 134
 Basidie, 39, 43
Basidiolichenes, 45
Basidiomycetes, 39, 41–44
 Bauchkanalzelle, 62
 bauchspaltig, 123
 Baum der Reisenden, 134
 Baumfarne, 156
 Bazillen, 20
 Bedecktsamer, 168
 Beere, 178
Benettiteen, 172
Benettitopsida, 172
Bennettitopsida, 172
Berberidaceae, 78
Bergenia, 98
 Bestäubung, 175
Beta vulgaris, 88
Betulaceae, 82
Betulales, 82
 bilateral, 149
 Binsen, 137
 Binsenartige, 136
 Bioindikatoren, 45
 biotrophe Parasiten, 37
 Blättchen, 58, 60, 64
 Blüte, 174
 Bau, 174
 Evolution, 146
 Evolution des Androeceums, 150
 Evolution des Gynoeceums, 153
 Evolution des Perianths, 148
 Blütenbecher, 82
 Blütenstandsboden, 112
 Blaualgen, 13, 22, 49, 68
 Blut-Weiderich, 101
Bombacaceae, 95
Boraginaceae, 107, 110
Borago, 107
Brassica aleracea, 93
Brassicaceae, 92
 Braunalgen, 54
 Brechnußgewächse, 104
Bromeliaceae, 133
Bromeliales, 132
 Bruchfrucht, 110
 Brutbecher, 59
 Brutkörbchen, 59
 Brutkörper, 64
 Brutkörperchen, 59
Bryophyllum, 98
 Bryophyta
 Fortpflanzung, Vermehrung, 59
Bryophyta, 57, 58, 68
Bryopsida, 60
 Buchengewächse, 82
 Buchweizen, 89
Butomaceae, 118
Butomus umbellatus, 118

- Cactaceae*, 86, 87
Caesalpinaceae, 100
Calamites, 166
Calla palustris, 120
 CALVIN–Cyclus, 18, 23
 Calyx, 174
Campanula, 111
Campanulaceae, 111
Campanulales, 111
Canna indica, 135
Cannabaceae, 81
Cannabis sativa, 81
Cannaceae, 135
Capparaceae, 92
Capparales, 92
Capparis spinosa, 92
 capsal, 51
Capsicum, 108
 Carbonsäure–Cyclus, 18
Cardueae, 113
Carex, 181
Carica papaya, 91
Caricaceae, 91
 Carotine, 23
 Carotinoide, 23, 56
Carya, 83
Carya
 Carya illinoensis, 83
Caryophyllaceae, 87
Caryophyllales, 85
Caryophyllidae, 84
Cassia, 100
Cassytha, 75
Castanea, 82
Catasetum, 129
 Caudicula, 129
Caulerpa, 68
 Cauloid, 55, 58
 Caulonema, 61
Cedrus, 171
Ceiba pentandra, 95
 Cellulose, 31
 Cellulosepilze, 68
Centaurea cyanus, 113
Centaurum, 104
Centrospermae, 84
 Cephalodien, 47
Ceratonia siliqua, 100
Chamaerops humilis, 132
 chemische Fernanlockung, 120
 Chemosystematik, 5
 Chemotaxonomie, 26
Chenopodiaceae, 88
 Chiropterogamie, 175
 Chitinpilze, 68
Chlamydomonas, 50
Chlamydospermen, 172
Chlorella, 68
 Chlorobionta, 26
Chlorobionta, 26
 Chloronema, 60
 Chlorophyll, 23, 26, 49, 56, 58
Chlorophyta, 55
 Chloroplasten, 53
 chorikarp, 154, 177
 chromatische Adaptation, 24
 Chromatoplasma, 24
Chromophyta, 37, 54
 Chytridiomycota, 28
Cichorioideae, 114
Cichorium intybus, 114
Cinchona succirubra, 105
 Cinnamomum
 C. aromaticum, 74
 C. camphora, 75
 C. verum, 74
 Cisterne, 133
Clematis, 78
Coca acuminata, 95
 coccal, 52
Cocos, 179
Cocos nucifera, 131
 coenobial, 23
 Coenobien, 68
 coenokarp, 154
 Coevolution, 103, 149, 173
 Coffea
 C. arabica, 105
 C. iberica, 105
Coffea, 105
Colchicaceae, 123
 Colchicin, 123
Colchicum autumnale, 123
Columniferae, 94
Commeliales, 136
Commelinidae, 132
Coniferophytina, 168, 172
Convallaria majalis, 124
Convallariaceae, 124
Convolvaceae, 107
Convolvulaceae, 106
Cormobionta, 57
 Corolle, 174
 Corona, 92
Corydalis, 78
Corylaceae, 82

- Corynebacterium diphtheriae*, 16
 Crassulaceae, 97, 98
Crocus, 126, 180
 Crossing over, 44
 mitotisches, 44
 ctDNA, 27
Cucumis sativa, 91
Cucurbita pepo, 91
 Cucurbitaceae, 91
 Cucurbitales, 91
 Cupressaceae, 171
 Cupula, 82
Cupula, 172
 Curcuma, 135
 Cuscutaceae, 107
 Cuticula, 56, 61, 162
 Cyanellen, 26
Cyanobacteria, 13, 22
 Cyanophyceae, 45
Cyanophyta, 23
Cyathium, 174
Cycadophytina, 168, 172
Cycadopsida, 172
Cycas, 146
Cyclanthera explodens, 91
Cydonia, 97
 Cyperaceae, 137
 Cyperales, 132, 137
Cyperus papyrus, 138
 Cypridiaceae, 128
 Cystogamie, 37, 40, 42, 43
 Cytologie, 7

 Dédoublement, 150
 DAHLGREN, 84
Datura, 107
 Dauerzellen, 25
 Degeneria, 153
Degeneria, 153, 154
 Degeneriaceae, 73
 Dermatomyceten, 41
 Destruenten, 29
Deuteromycetes, 35, 44
 Diözie, 35
 diözisch, 35, 169
 Diasporen, 178
Diatomeae, 54
Dicentra, 78
 dichotome Verzweigung, 65, 163
 Dicotyledoneae, 156
Dicotyledoneae, 72, 114, 116
 Dictyostele, 156
 Dikaryonten–Stadium, 39

Dilleniaceae, 89
 Dilleniales, 89
 Dilleniidae, 89
 Dilleniidae, 89
 Dinokaryon, 53
Dinophyta, 53
Dionaea, 99
Dioscorea batatas, 122
 Dioscoreaceae, 122
 Dioscoreales, 121, 123
 Diplont, 31, 38
 Diplophase, 51
 diplostemon, 150
 Dipterocarpaceae, 89
Dischidia rafflesiana, 105
 Diskus, 89
 DNA–Sequenzierung, 5
 Doliporus, 43
 Dollos–Regel, 174
 doppelte Befruchtung, 173
 dorsiventral, 149
Dracaena draca, 125
 Dracaenaceae, 125
 Drachenbaumgewächse, 125
Drosera, 98
 Droseraceae, 98
Dryopteris, 167

Ecballium elaterium, 91, 179
Eichhornia crassipes, 136
 eigentliche Farne, 64
 Einbeere, 123
 Einblatt–Beere, 132
 Einhäusigkeit, 36
 Einzeller, 68
 Ektoenzyme, 29
Elaeis guineensis, 132
 Elaiosomen, 179
 Elfenbeinpalme, 132
Eloдея, 118
Elyna, 138
 Embryologie, 7
 Embryophyta, 26
 Gliederung, 57
Embryophyta, 55, 56
 Embryophyten, 55, 68
 Embryosack, 177
 Empfängnishyphe, 40
Endogonales, 42
 Endokarp, 178
 Endomyceten, 41
 Endosperm
 horniges, 132

- primäres, 177
 - ruminierendes, 73, 74, 131
 - triploides sekundäres, 173, 177
- Endospor, 63
- Endosporen, 39, 40
- Endosymbionten–Hypothese, 26, 191
- Endozoochorie, 179
- Entomogamie, 175
- Epilobium*, 103
- epipetal, 151
- episepal, 151
- Epitheton, 5
- Epizoochorie, 179
- Equisetatae*, 64
- Equisetopsida*, 64, 66, 165
- Erdrauchgewächse, 78
- Eriocaulaceae*, 136
- Eriophorum*, 138
- Erysiphales*, 42
- Escherichia coli*, 16
- Euanthien–Theorie, 146
- Eubacteria*, 23
- Eubacteriophyta, 19
- Eucaryota*, 13, 28
- Eudorina*, 50
- Euglenia caryophyllata*, 102
- Euglenophyta*, 52
- Eukaryoten, 68
- Eukaryotische Algen, 68
- Eumycota, 28, 38–43
 - Lebensweise, 41
 - Progressionsrichtungen, 43
 - System, 42
 - Vermehrung & Fortpflanzung, 40
- Eumycota*, 13, 29, 37, 41, 68
- Euphorbia*, 146
- Euphorbiaceae*, 87, 96
- Euphorbiales*, 95
- Euphrasia*, 108
- Euploidie, 181
- Euspermie, 177
- Eustele, 116, 156, 166, 168, 172
- Evolutionäre Morphologie, **146**
- Exokarp, 178
- Exospor, 63
- Exosporen, 39, 40

- Fächerpalmen, 130
- Fabaceae*, 100
- Fabales*, 99
- fachspaltig, rückenspaltig, dorsicid, 123
- Fadenflechten, 45
- Fadenthalli, 68

- Fagaceae*, 82
- Fagales*, 81
- farblose Schwefelbakterien, 21
- Farne, 67, 68
- Farngewächse, 57
- Farnpflanzen, 64
- Fenestralia*, 85
- Fettkrautgewächse, 109
- Feuerschwamm, 42
- Fieberkleegewächse, 105
- Fiederpalmen, 130
- Filicatae*, 64, 65, 67
- Flächenständigkeit, 155
- Flagellaten, 51, 52
- Flechten, 13, 29, 37, 42, 44, 68
- Flechtenparasiten, 47
- Flechtgewebe, 29
- Flechtthalli, 32
- Flimmergeißel, 36, 37
- Flimmerhaare, 36
- Flimmerhaaren, 36
- foliose Moose, 60
- Frauenschuhgewächse, 128
- Fraxinus*, 106
- Froschlöffelartige, 117
- Frucht, 177
- Frucht–Evolution, 153
- Fruchtkörper, 33, 41–43
- Fruchtkörperbildung, 43
- Fruchtkörpergeflechte, 33
- Fruchtverbreitung, 178
- Fuchsia*, 103
- Fukoxanthin, 54
- Fumariaceae*, 78
- Fungi*, 13, 27
- Fungi imperfecti*, 35, 44
- Fusionsplasmodium, 30, 31
 - diploides, 30

- Galactosamin, 31
- Galanthus*, 128
- Galium odoratum*, 105
- Gallertflechten, 45, 46
- Gametangien, 35, 67
- Gametangiogamie, 34, 38, 40
- Gameten, 50
- gametischer Kernphasenwechsel, 38
- Gameto–Gametangiogamie, 34
- Gametophyt, 51, 55, 56, 59–61
- Gamocysten, 40
- Garcinia mangostana*, 90
- Gasvakuolen, 24
- Gefäßpflanzen, 57, 60

- gefüllte Kirsche, 153
 Geißeln, 27
 Generationswechsel, 51, 59, 67, 163, 173
 heteromorph, 51, 56
 heterophasisch, 56
 isomorph, 51
 isosporer, 166
 genetische Rekombination, 44
Gentianaceae, 104
Gentianales, 104
 Gewebedifferenzierung, 60, 64
 Gewebethallus–Stufe, 52
Ginkgo bilboa, 169
Ginkgoopsida, 169
Gladiolus, 126
 Gleitfallenblume, 76
 Glockenblumengewächse, 111
Glycine max, 101
 Glycogen, 54
Gnetopsida, 172
 Gonite, 40
 Gonitogonie, 40
Gonium, 50
 Gonosporen, 39
 Gonotrophie, 62
Gossypium, 94
 Gräserartige, 138
 Grünalgen, 55, 68
 Grüne Landpflanzen, 55, 68
 grüne Schwefelbakterien, 21
 Granatapfelgewächse, 102
Gymnospermae, 13
 Gymnospermen, 182
 Gynamocyste, 40
Gynandrae, 128
 Gynoeceum, 174
 Evolution, 153
Gynostemium, 129

 Hämatoxylin, 100
Hämatoxylon, 100
 Hüllkelch, 112
 Hülse, 177
 Habitus–Merkmale, 5
 leg-Hämoglobin, 21
 Hainsimsen, 137
 HALLIER, 146
Halobacteriales, 19
 Halobakterien, 19
Hamamelidaceae, 80
Hamamelidales, 80
Hamamelididae, 79
 haplochlamydeisch, 149

 Haploidisierung, 44
 Haplont, 53
 Haplophase, 51
 haplostemon, 150
 Hapteren, 166
 Hauptfruchtform, 35, 41, 44
 Hausschwamm, 42
 Haustorien, 45, 46, 60
 intraparietale, 45
 intrazelluläre, 45
 Haustorium, 63
 Hefepilz, 39
 Hemiparasiten, 108
 HENNING, 8
Hepaticae, 58
 Heterocysten, 24, 25
 heterogenische Inkompatibilität, 36
 heterokont, 54
Heterokontophyta, 38, 54, 68
 heteromerer Bau, 46
 Heterostylie, 176
 heterothallische Pilze, 36, 40
 heterotrichal, 52
 Heterotrophie, **30**
 heterozygoten, 44
Hevea brasiliensis, 96
Hierarcium, 114
 Hindernisblüten, 120
 Histologie, 7
 holophytisch, 53
 holozöisch, 53
 Holzstoff, 29
 homöomerer Bau, 46
 Homogamie, 176
 homogenische Inkompatibilität, 36
 homoiohydrisch, 45
 homorrhiz, 163
 Homorrhizie, 131
 homothallische Pilze, 36, 40
Hordeum, 140
 Hornmoose, 61
Humulus lupulus, 81
 Hundsgiftgewächse, 104
Hyacinthaceae, 127
Hydrocharitaceae, 118
Hydrocharitales, 118
 Hydrochorie, 179
Hydrodicton, 68
 Hydrogamie, 176
 Hygrochasje, 93
 Hygrophyten, 58
 Hymenium, 48
Hymenopteren, 175

- Hyoscyamus*, 107
Hypericaceae, 90
 hypertonisch, 53
 Hyphe, 29, 32, 39
 Hyphenfusion, 44
 Hyphenmycel, 33, 43
 Hypno-Coenozygote, 42

 Idiogramm, 180
 Igelkolben, 141
Impatiens, 179
 Infloreszenz, 112
 Ingwer, 135
 Ingwergewächse, 135
 Inkompatibilität, 176
 heterogenische, 36
 homogenische, 36
 Internodium, 50, 67
 intraparietal, 45
 intrazellulär, 45
Ipomoea batatas, 107
Iridaceae, 126
Iris, 126, 176
 Irreversibilitätsprinzip, 174
 Isidien, 48
 Isogamie, 34
 isokont, 54
 Isomerisierung, 19

Jasione, 111
 Jochpilze, 42
 Johanniskrautgewächse, 90
Juglandaceae, 83
Juglandales, 83
Juglans regia, 83
Juncaceae, 137
Juncales, 132, 136
Juncus, 137
 jungfernfrüchtig, 134

 Kätzchenblütler, 79
 künstliches System, 44
 Kapsel, 178
 Karpell, 174
 Karpogon, 40
 Karyogamie, 35, 43
 Karyogramm, 181
 Karyologie, 7, 180
 Karyopse, 178
 Karyotyp, 180
 Keilblattgewächse, 166
 Keimfalten, 152
 Keimmund, 152
 Kernphasenwechsel
 gametisch, 31
 Kieselalgen, 54
 Kieselsäure, 54
 Kladistik, 8
 Klebscheibe, 129
 Kleeseidengewächse, 107
 Kleistogamie, 176
 Klon, 50
 Knöterichartige, 88
 Knöterichgewächse, 88
 Knallgasbakterien, 21
 Kolben, 120
 kongenital, 149, 157
 Konidien, 34, 40, 41
 Konidien-Ausbildung, 44
 Konidio-Gametangiogamie, 34
 Koniferen, 156
 Konjugation, 21
 kontraktile Vakuolen, 53
 Konvergenz, 83
Kormophyta, 64, 68
 Kormophyten, 45, 68
 Kormus, 57, 156, 162
 Kreuzblütengewächse, 92
 Kreuzungsfaktor, 36
 Krustenflechten, 45, 49

 Labellum, 128, 135
Lactuca sativa, 114
Lactuceae, 113
Lactucoideae, 113
Lamiaceae, 110
Lamiales, 109
Larix, 170
Lathraea, 108
 Laubflechten, 46
 Laubmoose, 60
 Lauchgewächse, 127
Lauraceae, 74
Laurales, 74
Lavandula, 110
 Leaching, 22
 Lebermoosen, 59
Lecanorales, 40
Lecythidaceae, 102
 Leguminosen, 21
 Leitbündel, 56, 61
 Leitbahnen, 57
 Leitgewebe, 61
 Leitstränge, 56
Lemna, 121
Lemnaceae, 121
Lentibulariaceae, 109

- Lepidocarpon*, 165
Lepidodendron, 73
Lepidopteren, 175
Leucojum, 128
Lichenes, 13, 42, 44
Lichenes
 Fortpflanzung, 47
 Histologie, 46
 Lebensdauer, 49
 Lebensweise, 48
 Morphologie, 45
 parasitierende, 47
 Physiologie, 46
 Vermehrung, 47
 Vorkommen, 48
 Wachstum, 49
 Wasseraufnahme, 49
 Lignin, 29
Liguliflorae, 114
Ligustrum, 106
Liliaceae, 123
Liliales, 122
 Liliengewächse, 123
Liliidae, 121
Liliopsida, 115
 Lindengewächse, 94
 Lipopolysaccharide, 25
 Lippenblütlergewächse, 110
Lithops, 85
Lobeliaceae, 112
 loculicid, 123
 Lodiculae, 139
Loganiaceae, 104
Luffa cylindrica, 91
Luzula, 137
Lycinopteridopsida, 172
Lycopersicum, 108
Lycopodiatae, 64
Lycopodiopsida, 64, 66, 164
Lyginopteridatae, 182
Lyginopteridopsida, 146
 lysikarp, 154, 178
Lythraceae, 101
Lythrum salicaria, 101
 MÜNZING, 181
Magnoliaceae, 72
Magnoliales, 72
Magnoliidae, 72, 114
Magnoliophytina, 173
Maianthemum, 124
 Maiglöckchengewächse, 124
Majorana, 110
Maloideae, 97
Malus, 97
Malvaceae, 94
Malvales, 94
Mammea americana, 90
 Mangroven, 102
Manihot esculenta, 96
Marcgraviaceae, 90
Marchantiales, 61
Matricaria, 114
Matricaria chamomilla, 113
 Maulbeerbaumgewächse, 81
 MEEUSE, 147
 Megaphylle, 67, 166
 Mehltau, 42
 Meiose, 51
 Meiosporen, 34, 41, 63
 Meiosporocyste, 43
 MENDEL, 87
Mentha, 111
Menyanthaceae, 105
Menyanthes, 105
 Meristeme, 64
 Mesokarp, 178
 Mesomere, 164
 Mesozoikum, 184
 Metaxylembildung, 156
 Methanbakterien, 18
Metroxylon, 132
Microspermae, 128
 Mikrophyll, 66, 157, 164, 165
 Mikrophylle, 66
 Mikropyle, 170
Mimosa, 99
Mimosa pudica, 100
Mimosaceae, 99
Mirabilis jalapa, 87
 Mitosespindel, 39
 Mitosporen, 34, 41
 Mittagsblumengewächse, 85
Mnium, 62
 Mnium-Typ, 62
 Monözie, 35
 monözisch, 35, 40
 monadal, 51
 Monocotyledoneae, 156
Monocotyledoneae, 115, 116
 monomer, 154
 monopodial, 127
 monosymmetrisch, 174
 Moose, 57, 58
 foliose, 60
Moraceae, 81

- Morphogenese, 7
 Morphologie, 7
 Morphologische Organisationsformen, 68
 mtDNA, 27
 MTOC, 17
Musa paradisiaca, 134
Musaceae, 134
Musci, 58, 60
 Muskatnußgewächse, 74
 Mycel, 29, 32, 39
Mycetozoa, 31
Mycota, 27
 Mykorrhiza, 29, 37, 42
 Mykosen, 41
 Mykotrophie, 129
Myosotis, 107
Myristica fragrans, 73
Myristicaceae, 74
Myrmecodia, 106
 Myrmekophilie, 100, 106, 179
Myrtaceae, 102
Myrtales, 101
 Myxamöben, 30, 31
 Myxoflagellaten, 30, 31
 Myxomycota, 28, 31

 Nabelflechten, 46
 Nachtkerzengewächse, 103
 Nachtschattengewächse, 107
 Nacktfarne, 65
 Nacktsamer, 13
Nacktsamer, 168
 Nadelhölzer, 169
Najadaceae, 119
Najadales, 119
Najas, 119
 Nanocyten-Bildung, 25
 Narbe, 173
Narcissus, 128
 Nebenfruchtform, 41
 Nebenfruchtformen, 34, 35, 44
 nekrotrophe Parasiten, 37
 nelkenartige Gewächse, 84
 Nelkengewächse, 87
Nelumbo, 77
Nelumbonaceae, 77
 Neotenie, 121, 146
 Neotherie, 116
Neottia nidus-avis, 129
Nepenthaceae, 79
Nerium oleander, 104
 Neumatophoren, 102
Nicotiana, 108

 nitrifizierende Bakterien, 21
 Nitrogenase, 21
 Nodien, 50
 Nodus, 66
 Nuß, 178
 Nucellus, 170
 Nucleoid, 17
 Nucleus, 27
 numerische Taxonomie, 8
Nyctaginaceae, 87
Nymphaea, 77
Nymphaeaceae, 77, 117, 118
Nymphaeales, 76, 115, 117

 Obdiplostemonie, 151
Oenothera, 103
 Oidien, 34
 ölbaumgewächse, 106
Olea europaea, 106
Oleaceae, 106
Oleales, 106
 Oligomerisierung, 150
 ölkörper, 179
 ölpalme, 132
Onagraceae, 103
 Oogamie, 34, 67
 Oogone, 35
Oomycophyae, 37
Oomycota, 28, 54, 68
Oomycota, 37–38
 ophistokont, 36
Opuntia ficus-indica, 86
Orchidaceae, 128, 135, 179
Orchidales, 128
Orchideenartige, 128
Orchidoideae, 129
 Organisationsstufen
 amöboid, 51
 capsal, 51
 coccal, 52
 Gewebethallus-Stufe, 52
 heterotrichal, 52
 monadal, 51
 plectenchymatisch, 52
 rhizopodial, 51
 siphonal, 52
 siphonococcal, 52
 trichal, 52
 Ornithochorie, 171
 Ornithogamie, 90, 134, 175
Orobranchaceae, 109
Oryza, 139
 Osmoregulation, 53

- Ovar, 153
Oxyphotobacteria, 22
- Paarkernmycel, 39
Paeoniaceae, 89
 Palaebotanik, 7
 Palmengewächse, 130
 Palmfarne, 172
 Palynologie, 7
Pandorina, 50
Panicum, 140
 Panzerbeere, 178
 Panzergeißler, 53
Papaveraceae, 78
Papaverales, 78
 parakark, 154
 parakarp, 154, 178
 Paranußgewächse, 102
 parasexuelle Vorgänge, 17, 20, 44
 parasitäre Flechten, 47
 Parasiten, 37, 42
 biotrophe, 37
 nekrotrophe, 37
 Parasymbiont, 47
 parietal, 155
Paris, 115
Paris
 Paris quadrifolia, 123
Parnassia, 98
Parnassicaceae, 98, 99
 parthenokarp, 134
Passiflora coerulea, 92
Passifloraceae, 92
 Passionsblume, 92
 Peitschengeißel, 37
 Pellicula, 52
Pennisetum, 140
Pereskia, 86
 Perianth, 174
 Evolution, 148
 Perigon, 174
 Periplast, 52
 Perithezien, 47
Persea americana, 75
 Petalen, 149, 174
 Pfingstrosengewächse, 89
Phaeophyceae, 54
Phaseolus vulgaris, 101
Phoenix dactylifera, 132
 photoautotroph, 59
 Phototaxis, 19
 phototropisch, 60
 Phycobiline, 23, 24, 26, 49, 54
 Phycobionten, 49
 Phycocyan, 24
 Phycocyanin, 23, 24
 Phycoerythrin, 23, 24, 54
 Phycomyceten, 33
Phycomycota, 37
Phycophyta, 49
 Phylloid, 55, 58, 60
 phyllospor, 168
 Phylogenie, 57
Phytelephas macrocarpa, 132
Phyteuma, 111
 Phytoalexine, 29
 Phytochemie, 8
 Phytohormone, 29
Phytolacca americana, 85
Phytolaccaceae, 85
 phytopathogene Bakterien, 22
 Phytoplankton, 54
Picea, 170
 Pilze, 27, 32, 68
 Begeißelung Zoosporen, Gameten, 36
 Gliederung, 33
 heterothallisch, 36
 homothallisch, 36
 monözisch–heterothallisch, 36
 Organisationsstufen, 32
 Vermehrung, 33
 Vorkommen, Lebensweise, 37
 Pilzwurzel, 42
Pimenta officinalis, 103
Pinidae, 170
Pinopsida, 169
 Pionierorganismen, 44
Piper nigrum, 75
Piperaceae, 75
Piperales, 75
Pisum sativum, 101
 Planation, 157, 162
 Planobiota, **12**
Planobiota, 13, 28, 29, 49
 Planosporen, 33
Plantaginaceae, 109
Plantago, 109, 176
 Plasmodiesmen, 50
 Plasmodien, 31, 68
 Plasmodium, 30, 31
 Plasmotomie, 25
 Plastiden, 56
Platanaceae, 80
 Plazenta, 155
 Plazentation, 155
 Plectenchym, 29, 39

- plectenchymatisch, 52
 Plectenchyme, 68
Poaceae, 136, 138
Poales, 132, 138
Podostemonaceae, 99
 poikilohydrisch, 45, 49, 58, 61
 Polarisierung, 50
 Pollenfilter, 154, 173
 Pollenforschung, 7
 Pollenschlauch, 169
 Pollinarium, 129
 Pollinium, 129
 Polyandrie
 sekundäre, 150
 polyandrisch, 150
 Polyenergide, 68
Polygonaceae, 88
Polygonales, 88
Polygonatum, 124
 Polyploidie, 180
 Polyploidisierung, 181
Polypodiopsida, 64, 67
 Polypodium, 163
Polypodium, 167
 Polystele, 155
 Polyterpene, 152
Pontamogetonaceae, 119
Pontederiaceae, 136
Pontederiales, 135
 Pontomac flora, 183
Populus, 93
 Portugal, 183
 Porus, 33, 39
 postgenital, 149
Potamogeton, 119
 Praealarmsignale, 20, 53
Primulaceae, 181
Procaryota, 13, 17
Prochlorales, 26
Prochlorobacteria, 26
Prochloron, 26
Prochloron didemni, 26
Prochloron spec., 26
Prochlorophyceae, 26
Prochlorophyta, 26
Prochlorotrix spec., 26
 Prokaryoten, 44, 68
 Prokaryotische Algen, 22, 68
 Protandrie, 176
Protascomycetes, 39
 Proterandrie, 176
 Proterogynie, 176
 Prothallium, 67, 170
 Protista, **12**
Protista, 13
 Protobionta, **12**
Protobionta, 13, 57
 Protocysten, 17
 Protogynie, 176
 proton motive force, 20
 Protonema, 59, 60, 63
 Protonengradient, 20
Protophyta, 68
 Protospermie, 177
 Protostele, 155
Protozoa, 30
Prunoideae, 97
 Pseudanthien–Theorie, 146
 pseudomonomer, 155
 Pseudomycel, 33
 Pseudothecien, 47
Psidium guajava, 103
Psilophytatae, 64
Psilophytopsida, 64, 65, 163
Psychotria bacteriophylla, 106
 ptDNA, 27
Pteridium, 167
Pteridophyta, 57, 64, 66, 68, 163
Pteridopsida, 166
Pterocarya, 83
Pterocarya
 Pterocarya fraxinifolia, 83
 pulsierende Vakuolen, 53
Punicaceae, 102
 Purpurbakterien, 21
Pyrenomycetes, 47
Pyrus, 97
 quantitative Ähnlichkeitsbestimmung, 8
 Rötelgewächse, 105
 Rachenblütlergewächse, 108
Rafflesia arnoldii, 76
Rafflesiaceae, 76
 Ragwurz, 129
Ranunculaceae, 78, 89
Ranunculales, 77
Ranunculus, 78
Ranunculus
 Ranunculus ficaria, 115
 rauhhaarblättrige Gewächse, 107
Ravenala, 134
 Receptaculum, 112
 Reduktion, 157
 Reduzenten, 22
 Rekombination, 51

- Resistenzfaktoren, 21
 Resupination, 128
 Reusenfallenblume, 120
Rheum rhabarberum, 89
Rhinantus, 108
 Rhizinien, 46
Rhizobium leguminosarum, 21
Rhizobium radiciola, 101
 Rhizoid, 55
 Rhizoide, 54, 55, 58, 60, 61
 Rhizoidmycel, 32
 Rhizomorphe, 34
 Rhizomstauden, 133
Rhizophora, 102, 109
Rhizophoraceae, 102
 Rhizopoden, 26, 28
 rhizopodial, 51
Rhodophyta, 13, 29, 49, 54
 Rhodopsin, 19
Rhynia, 65, 164
Robinia, 101
 Rohrkolben, 141
 Rohrkolbengewächse, 141
Rosaceae, 96, 101
Rosales, 96
 Rose von Jericho, 92
Rosidae, 89, 96
Rosmarinus, 110
Rosoideae, 96
 Rotalgen, 54
Rubiaceae, 105
Ruscus, 125

Saccharum officinarum, 140
Sagittaria, 118
 Sago, 132
Salicaceae, 93
Salicales, 93
Salicornia, 88
Salix, 93
Salvia, 110
 Samenpflanzen, 57, 68
 Sammelbalgfrucht, 178
 Sammelfrucht, 178
 Sammelbalgfrucht, 178
 Sammelnußfrucht, 178
 Sammelsteinfrucht, 178
 Sammelnußfrucht, 178
 Sammelsteinfrucht, 178
 Saprophyten, 37, 41
 saprophytisch, **12**
Sarraceniaceae, 79
Sarraceniales, 78

 Satelliten, 180
Satureja, 110
 Sauerampfer, 89
 Saughyphen, 45
Saxifraga, 98
Saxifragaceae, 98
Saxifragales, 97
 Schachtelhalmartige, 165
 Schachtelhalme, 64, 66, 158
 scheidewandspaltig, 123
 Scheitelzelle, 61, 64, 65
 Schiffchen, 100
 Schlauchpilze, 43
 Schleimpilze, 31, 68
 Schleppgeißel, 36
Schmetterlingsblütlerartige, 99
 Schoten, 178
 Schubgeißel, 36
 Schwalbenwurzgewächse, 104
 Schwellkörper, 139
 Schwertliliengewächse, 126
Scorzonera hispanica, 114
Scrophulariaceae, 108
Scrophulariales, 108
Secale, 140
Sedum, 97
 Seegräser, 119
 Seismonastie, 100
 seitlich–monopodial, 66
 Sekundärfarbstoffe, 29
 Sekundärstoffe, **29**
Selaginella, 93, 182
Selaginellales, 165
 Selbstausbreitung, 179
 Selbstinkompatibilität, 41
Sempervivum, 97
 Sepalen, 174
 Septen, 39
 Septenpori, 43
 septicid, 123
Sequoiadendron, 171
 Serologie, 8
 Sexualpili, 21
 Siebröhrenplastiden
 P–Typ, 73
 S–Typ, 73
 Silicium, 67
 siphonal, 33, 52
 siphonocladal, 52
 Siphonostele, 156
 Sklerotien, 34
Smilax, 124
Solanaceae, 107, 108

- Solanales*, 106
Solanum tuberosum, 108
 Somatogamie, 34, 40, 43
 Sommerwurzgewächse, 109
Sonnentaugewächse, 98
 Soralen, 48
Sorbus aucuparia, 97
 Soredien, 48
 Sorus, 162
 Spaltöffnungen, 61, 63
 Mnium-Typ, 62
Sparganium, 141
 Spargelartige, 124
 Spargelgewächse, 125
 Spatha, 120, 130
 Spenophyll, 166
 Spermatangien, 35
 Spermastien, 40
 Spermatiogamie, 40
 Spermato gonien, 35
Spermatophyta, 57, 68, 167
 Spermatozoide, 59, 62
Sphenopsida, 66
Spiraea, 96
Spiraeoideae, 96
 spirozyklisch, 148
 Sporangien, 35, 56, 67, 158
 Sporangio phore, 166
 Sporangio phoren, 66
 Sporen, 33, 63
 Sporenblätter, 67
 Sporenkapsel, 63
 Sporocysten, 35
 Sporogon, 63
 Sporokarpe, 30, 31
 Sporophylle, 65, 67, **67**
 Sporophyt, 51, 55, 56, 59–61, 63, 66
 Sporopollenine, 152
 Springkraut, 179
 Spritzgurke, 179
 Sproßmycel, 32
 Sproßzellverbände, 39
 Stämmchen, 60, 64
 Ständerpilze, 43
 stachyospor, 168
 Stamen, 174
 Stamina, 174
 stammblütig, 95
 Stamminodium, 150
 Staubfaden, 151
 STEBBINS, 183
 Steinfrucht, 178
 Stelärtheorie, 155
 Stele, **155**
 Stengelchen, 59
Sterculiaceae, 95
 Stigma, 52, 153
 STRASBURGER, 184
 Strauchflechten, 46
Strelitzia, 134
 Stromatolithen, 25
 Strophanin, 104
Strophanthus hispidus, 104
Strychnos nux-vomica, 104
 Sturmhut, 77
 Stylus, 153
 Sumpfyypressen, 171
 Symbionten, 22, 26, 37, 42
 Symbiose, 44
 sympetal, 149
 sympodial, 127
 Synangium, 150
 Synaptospermie, 88
 synkarp, 154, 178
 syntepal, 127, 149

 TAKHTAJAN, 74, 116, 153, 183
Tamarindus indica, 100
Taraxacum, 113
Taraxacum kok-saghyz, 114
Taxidae, 171
 Taxis, 19
Taxodiaceae, 171
Tectona grandis, 109
 Teegewächse, 90
 Teleomorphe, 35
 Telom, **156**
 Telome, 157
 Telomere, 164
 Telomeren, 57
 Telomtheorie, 162
 temperente Phagen, **12**
 temperente Viren, 16
 Tepalen, 149, 174
 Tetrade, 63
 Teufelszwirngewächse, 107
Thallophyta, 58, 68
 Thallus, 32, 37, 46, 47, 60
 Thallusköpfchen, 47
Theaceae, 90
Theales, 89
Theobroma cacao, 95
 Thylakoide, 20
Thymus, 110
 Tierverbreitung, 179
Tilia

- T. cordata*, 94
T. platyphyllos, 94
 Tiliaceae, 94
Tillandsia usneoides, 133
 Tischlersche Regel, 181
 Trachee, 180
 Tracheide, 180
Tracheophyta, 57, 61
 Transduktion, 16, 21
 Transformation, 21
Trapa natans, 103
Trapaceae, 103
 trichal, 33, 52
Trichomanes, 167
Trilliaceae, 123
Triticum, 140
 Tropho–Sporophylle, 67
 Trophophylle, 65
Tubuliflorae, 113
Tussilago, 114
Typha, 141
Typhaceae, 141
Typhales, 141

 übergipfelung, 156
Ulmaceae, 80
 Ulmengewächse, 80
Uredinales, 40
 Urfarne, 64, 65, 163
Urtica, 81, 149
Urticaceae, 81
Urticales, 80
Utricularia, 109
Utriculus, 137

 VAM, *siehe* vesiculo–arbuscul. Mykorrhiza
Vanilla planifolia, 130
 ventricid, 123
Verbenaceae, 109
 Verschiedengriffeligkeit, 176
 Verwachsung, 157
 Verzweigung
 dichotom, 65
 seitlich–monopodial, 66
 vesiculo–arbusculäre Mykorrhiza, 42
Vinca minor, 104
Violales, 90
 Viren, 13–17
 Bakteriophagen, 15
 Gliederung, 16
 Herkunft, 15
 lysogener Zyklus, 16
 lytischer Zyklus, 15
 temperente Phagen, 16
 Viviparie, 102
Volvocales, 68
Volvox, 50, 55
 Vorkeim, 59, 60, 64, 170
 Vormännlichkeit, 176
 Vorweiblichkeit, 176

 Wasserausbreitung, 179
 Wasserhyazinthe, 136
 Wasserhyazinthenartige, 135
 Wasserlinsengewächse, 121
 Wedel, 65
 Wegerichgewächse, 109
 Weidenartige, 93
Welwitschia mirabilis, 172
 WETTSTEIN, 146
 Windausbreitung, 179
 Windengewächse, 106
Winteraceae, 73
Wolffia arrhiza, 121
 Wolfsmilchgewächse, 96

Xanthium, 113
Xanthophyceae, 28
 Xanthophylle, 23
 Xylem
 Entwicklung, 180

 Yamsartige, 121

 Zapfenträger, 168
Zea, 140
 Zellkolonien, 68
 zentralwinkelständig, 155
 zentrifugal, 150
 zentripetal, 150
 Zentroplasma, 24
 ZIMMERMANN, 156, 162
 Zimmertannen, 171
Zingiber officinale, 135
Zingiberaceae, 135
Zingiberales, 132, 133
 Zoochorie, 179
 Zoophilie, 149
 Zoosporen, 33, 36, 38
Zosteraceae, 119
Zosterales, 119
 Zuggeißel, 36
 Zweihäusigkeit, 35
 zygomorph, 149, 174
Zygomycetes, 41, 42, 44
 Zypressengewächse, 171

Anhang B

System

System der Lebewesen

Domäne Archaea

Domäne Bacteria

Organisationstyp Bakterien

Abt. Eubacteriophyta

Org.typ Prokaryotische Algen

Abt. Cyanophyta

Abt. Prochlorophyta

Domäne Eukaryota

Organisationstyp Schleimpilze

Abt. Myxomycota

Organisationstyp Pilze

Abt. Oomycota

Abt. Eumycota

Abt. Deuteromycetes

Organisationstyp Lichenes

Organisationstyp Phycophyta

Abt. Euglenophyta

Abt. Dinophyta

Abt. Heterokontophyta

Abt. Rhodophyta

Abt. Chlorophyta

Organisationstyp Embryophyta

Abt. Bryophyta

Abt. Pteridophyta

Abt. Spermatophyta

System der Kormophyten

Abt. Pteridophyta

Kl. Psilophytopsida †

Kl. Lycopodiopsida

Kl. Equisetopsida

Kl. Pteridopsida

Abt. Spermatophyta

U.Abt. Coniferophytina

Kl. Ginkgoopsida

Kl. Pinopsida

U.Abt. Cycadophytina

Kl. Lycopodiopsida †

Kl. Cycadopsida

Kl. Bennettitopsida †

Kl. Gnetopsida

U.Abt. Magnoliophytina

Kl. Magnoliopsida

Kl. Liliopsida

System der Magnoliopsida

Kl. Magnoliopsida

U.Kl. Magnoliidae

Ord. Magnoliales

Fam. Magnoliaceae

Fam. Degeneriaceae

Fam. Winteraceae

Fam. Annonaceae

Fam. Myristicaceae

Ord. Laurales

Fam. Lauraceae

Ord. Piperales

Fam. Piperaceae

Ord. Aristolochiales

Fam. Aristolochiaceae

Fam. Rafflesiaceae

Ord. Nymphaeales

Fam. Nymphaeaceae

Fam. Nelumbonaceae

Ord. Ranunculales

Fam. Ranunculaceae

Fam. Berberidaceae

Ord. Papaverales

Fam. Papaveraceae

Fam. Fumariaceae

Ord. Sarraceniales

Fam. Sarraceniaceae

Fam. Nepenthaceae

U.Kl. Hamamelididae

Ord. Hamamelidales

Fam. Hamamelidaceae

Fam. Platanaceae

Ord. Urticales

Fam. Ulmaceae

Fam. Moraceae

Fam. Cannabaceae

Fam. Urticaceae

Ord. Fagales

Fam. Fagaceae

Ord. Betulales

Fam. Betulaceae

Fam. Corylaceae

Ord. Juglandales

Fam. Juglandaceae

U.Kl. Caryophyllidae

Ord. Caryophyllales

Fam. Phytolaccaceae

Fam. Aizoaceae

Fam. Cactaceae

Fam. Nyctaginaceae
 Fam. Caryophyllaceae
 Fam. Amaranthaceae
 Fam. Chenopodiaceae
 Ord. Polygonales
 Fam. Polygonaceae
U.Kl. Dilleniidae
 Ord. Dilleniales
 Fam. Dilleniaceae
 Fam. Paeoniaceae
 Ord. Theales
 Fam. Dipterocarpaceae
 Fam. Theaceae
 Fam. Actinidiaceae
 Fam. Marcgraviaceae
 Fam. Hypericaceae
 Ord. Violales
 Fam. Flacourtiaceae
 Fam. Violaceae
 Fam. Cistaceae
 Ord. Cucurbitales
 Fam. Passifloraceae
 Fam. Caricaceae
 Fam. Cucurbitaceae
 Ord. Capparales
 Fam. Capparaceae
 Fam. Brassicaceae
 Ord. Salicales
 Fam. Salicaceae

System der Liliopsida

Kl. Liliopsida

U.Kl. Alismatidae

Ord. Alismatales
 Fam. Butomaceae
 Fam. Alismataceae
 Ord. Hydrocharitales
 Fam. Hydrocharitaceae
 Ord. Najadales
 Fam. Potamogetonaceae
 Fam. Zosteraceae
 Fam. Najadaceae

U.Kl. Aridae

Ord. Arales
 Fam. Araceae
 Fam. Lemnaceae

U.Kl. Liliidae

Ord. Dioscoreales
 Fam. Dioscoreaceae
 Ord. Liliales

Ord. Malvales
 Fam. Tiliaceae
 Fam. Malvaceae
 Fam. Sterculiaceae
 Fam. Bombacaceae
 Ord. Euphorbiales
 Fam. Euphorbiaceae

U.Kl. Rosidae

Ord. Rosales
 Fam. Rosaceae
 Ord. Saxifragales
 Fam. Crassulaceae
 Fam. Saxifragaceae
 Fam. Parnassiaceae
 Fam. Droseraceae
 Fam. Podostemonaceae
 Ord. Fabales
 Fam. Mimosaceae
 Fam. Caesalpinaceae
 Fam. Fabaceae
 Ord. Myrtales
 Fam. Lythraceae
 Fam. Rhizophoraceae
 Fam. Lecythidaceae
 Fam. Punicaceae
 Fam. Myrtaceae
 Fam. Onagraceae
 Fam. Trapaceae

U.Kl. Asteridae

Fam. Trilliaceae
 Fam. Liliaceae
 Ord. Asparagales
 Fam. Convallariaceae
 Fam. Asparagaceae
 Fam. Dracaenaceae
 Fam. Agavaceae
 Fam. Iridaceae
 Fam. Hyacinthaceae
 Fam. Alliaceae
 Fam. Amaryllidaceae
 Ord. Orchidales
 Fam. Orchidaceae

U.Kl. Arecidae

Ord. Arecales
 Fam. Arecaceae

U.Kl. Commelinidae

Ord. Bromeliales
 Fam. Bromeliaceae

Ord. Gentianales
 Fam. Loganiaceae
 Fam. Gentianaceae
 Fam. Apocynaceae
 Fam. Asclepiadaceae
 Fam. Menyanthaceae
 Fam. Rubiaceae
 Ord. Oleales
 Fam. Oleaceae
 Ord. Solanales
 Fam. Convolvulaceae
 Fam. Cuscutaceae
 Fam. Boraginaceae
 Fam. Solanaceae
 Ord. Scrophulariales
 Fam. Scrophulariaceae
 Fam. Orobranchaceae
 Fam. Lentibulariaceae
 Fam. Plantaginaceae
 Ord. Lamiales
 Fam. Verbenaceae
 Fam. Lamiaceae
 Ord. Campanulales
 Fam. Campanulaceae
 Fam. Lobeliaceae
 Ord. Asterales
 Fam. Asteraceae

Ord. Zingiberales
 Fam. Musaceae
 Fam. Zingiberaceae
 Fam. Cannaceae
 Ord. Pontederiales
 Fam. Pontederiaceae
 Ord. Commeliniales
 Fam. Eriocaulaceae
 Ord. Juncales
 Fam. Juncaceae
 Ord. Cyperales
 Fam. Cyperaceae
 Ord. Poales
 Fam. Poaceae
 Ord. Typhales
 Fam. Typhaceae