

Matthias Baltisberger  
Reto Nyffeler  
Alex Widmer

# SYSTEMATISCHE BOTANIK

4. Auflage

Einheimische  
Farn- und  
Samenpflanzen



v/d/f

Weitere aktuelle vdf-Publikationen  
finden Sie in unserem **Webshop:**

**vdf.ch**

- › Bauwesen
- › Naturwissenschaften,  
Umwelt und Technik
- › Informatik, Wirtschafts-  
informatik und Mathematik
- › Wirtschaft
- › Geistes- und Sozialwissen-  
schaften, Interdisziplinäres,  
Militärwissenschaft,  
Politik, Recht

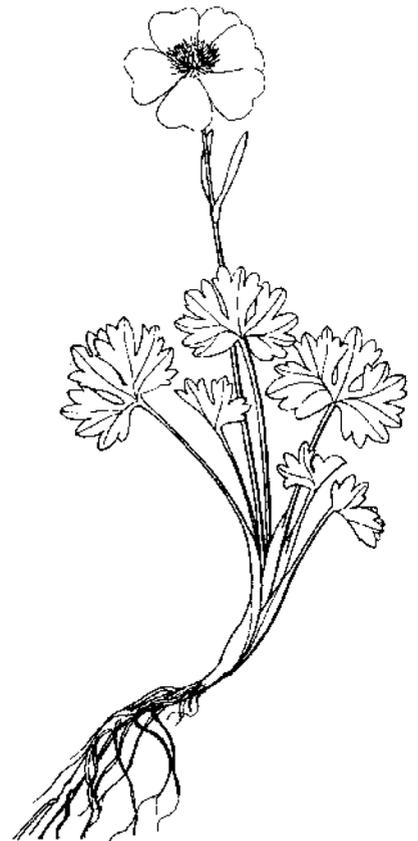
Gerne informieren wir Sie regelmässig per  
E-Mail über unsere Neuerscheinungen.

**Newsletter abonnieren**

[Anmeldung auf vdf.ch](#)



SYSTEMATISCHE BOTANIK



## Wichtige Seitenzahlen

Grundlagen . . . . .	3
Allgemeine Informationen (mit Erklärungen zu Symbolen und Abkürzungen) . . . . .	25
<i>Bryophyta</i> (Moose) . . . . .	35
<i>Pteridophyta</i> (Farne) . . . . .	43
<i>Spermatophyta</i> (Samenpflanzen) . . . . .	57
<i>Gymnospermae</i> (Nacktsamer) . . . . .	63
<i>Angiospermae</i> (Bedecktsamer) . . . . .	75
Basale <i>Angiospermae</i> . . . . .	101
<i>Monocotyledonae</i> . . . . .	103
<i>Eudicotyledonae</i> . . . . .	140
Ökologie und Pflanzengesellschaften . . . . .	293

## Familien mit mindestens 10 Arten in der Schweiz

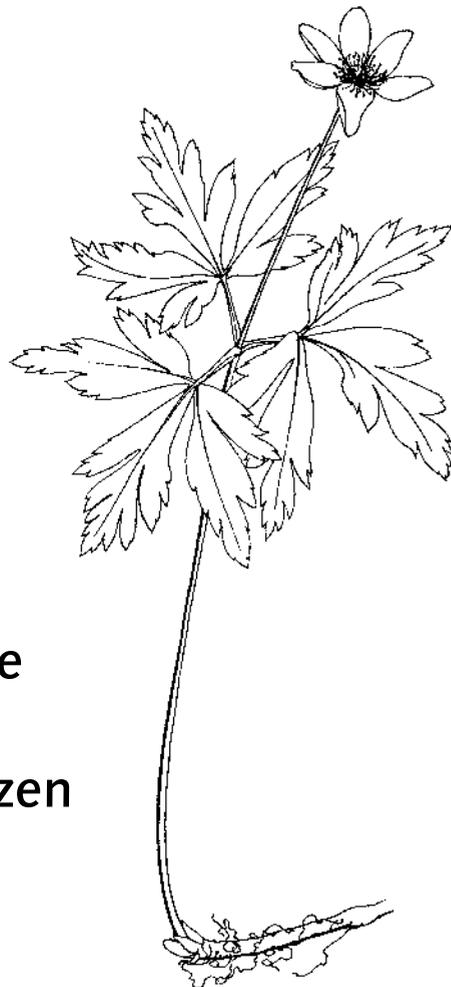
(in Klammern: Zahl der Arten in der Schweiz bzw. im Buch behandelt)

<i>Amaranthaceae</i> (ca. 25, 2) . . . . .	150	<i>Geraniaceae</i> (22, 6) . . . . .	205
<i>Amaryllidaceae</i> (21, 6) . . . . .	113	<i>Hypericaceae</i> (11, 1) . . . . .	169
<i>Apiaceae</i> (ca. 90, 13) . . . . .	259	<i>Juncaceae</i> (36, 8) . . . . .	125
<i>Araceae</i> (11, 2) . . . . .	104	<i>Lamiaceae</i> (82, 19) . . . . .	249
<i>Asparagaceae</i> (21, 6) . . . . .	115	<i>Liliaceae</i> (14, 3) . . . . .	107
<i>Asteraceae</i> (ca. 290, 64) . . . . .	265	<i>Onagraceae</i> (27, 4) . . . . .	208
<i>Asteroideae</i> . . . . .	267	<i>Orchidaceae</i> (62, 11) . . . . .	109
<i>Carduoideae</i> . . . . .	276	<i>Orobanchaceae</i> (67, 11) . . . . .	245
<i>Cichorioideae</i> . . . . .	279	<i>Papaveraceae</i> (20, 2) . . . . .	141
<i>Betulaceae</i> (10, 8) . . . . .	185	<i>Plantaginaceae</i> (69, 20) . . . . .	240
<i>Boraginaceae</i> (41, 5) . . . . .	229	<i>Poaceae</i> (ca. 190, 46) . . . . .	127
<i>Brassicaceae</i> (180, 16) . . . . .	209	<i>Polygonaceae</i> (35, 10) . . . . .	158
<i>Campanulaceae</i> (34, 10) . . . . .	283	<i>Primulaceae</i> (40, 14) . . . . .	225
<i>Caryophyllaceae</i> (ca. 110, 25) . . . . .	151	<i>Ranunculaceae</i> (ca. 100, 23) . . . . .	142
<i>Alsinoideae</i> . . . . .	152	<i>Rosaceae</i> (100–300, 34) . . . . .	193
<i>Paronychioideae</i> . . . . .	154	<i>Maloideae</i> . . . . .	200
<i>Silenoideae</i> . . . . .	154	<i>Prunoideae</i> . . . . .	203
<i>Crassulaceae</i> (26, 5) . . . . .	162	<i>Rosoideae</i> . . . . .	195
<i>Cyperaceae</i> (131, 28) . . . . .	117	<i>Rubiaceae</i> (36, 7) . . . . .	235
<i>Dipsacaceae</i> (17,2) . . . . .	288	<i>Salicaceae</i> (33, 11) . . . . .	170
<i>Ericaceae</i> (24, 10) . . . . .	222	<i>Saxifragaceae</i> (30, 9) . . . . .	164
<i>Euphorbiaceae</i> (25, 4) . . . . .	168	<i>Scrophulariaceae</i> (14, 2) . . . . .	245
<i>Fabaceae</i> (136, 29) . . . . .	176	<i>Solanaceae</i> (11, 3) . . . . .	256
<i>Gentianaceae</i> (34, 8) . . . . .	232	<i>Violaceae</i> (24, 6) . . . . .	173

Matthias Baltisberger  
Reto Nyffeler  
Alex Widmer

# SYSTEMATISCHE BOTANIK

4. Auflage



Einheimische  
Farn- und  
Samenpflanzen

v/dlf

### **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

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

Layout: Grafisches Atelier, Fred Gächter, Obereggen

Umschlaggestaltung: Grafisches Atelier, Fred Gächter, Obereggen

Vorderer Umschlag: *Anemone nemorosa* (S. 149, Abb. 54)

Hinterer Umschlag: *Ranunculus alpestris* (S. 146, Abb. 53)

1. Auflage 1997

2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage 2003

3., korrigierte Auflage 2009

4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage 2013

© vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 2013

ISBN 978-3-7281-3525-4 (Printversion)

ISBN 978-3-7281-4150-7 (E-Book)

DOI 10.3218/4150-7

Prof. Dr. Matthias Baltisberger

Prof. Dr. Alex Widmer

Institut für Integrative Biologie

ETH Zürich

Universitätstrasse 16, 8092 Zürich

PD Dr. Reto Nyffeler

Institut für Systematische Botanik

Universität Zürich

Zollikerstrasse 107, 8008 Zürich

[verlag@vdf.ethz.ch](mailto:verlag@vdf.ethz.ch)

[www.vdf.ethz.ch](http://www.vdf.ethz.ch)

---

## Stoffübersicht

Grundlagen

Allgemeine Informationen (inkl. Abkürzungen und Symbole)

Landpflanzen

Abteilung *Bryophyta*

Abteilung *Pteridophyta*

Klasse *Lycopodiopsida*

Klasse *Filicopsida*

Abteilung *Spermatophyta*

Klasse *Gymnospermae*

Klasse *Angiospermae*

Basale *Angiospermae*

*Monocotyledonae*

Ursprüngliche *Monocotyledonae*

Tierbestäubte *Monocotyledonae*

Windbestäubte *Monocotyledonae*

*Eudicotyledonae*

Basale *Eudicotyledonae*

Kern-*Eudicotyledonae*

Ordnung *Caryophyllales*

Ordnung *Santalales*

Ordnung *Saxifragales*

Überordnung *Rosanae*

Fabiden

Malviden

Überordnung *Asteranae*

Ordnung *Cornales*

Ordnung *Ericales*

Lamiiden

Campanuliden

Ökologie und Pflanzengesellschaften

Eigenschaften eines Standortes

Beschreibung von Standorteigenschaften

Höhenstufen

Biogeographische Regionen und Lebensräume

Pflanzengesellschaften

Tiefland (kolline und montane Stufe)

Berggebiet (subalpine und alpine Stufe)

Vegetationsdynamik und Sukzession

Anpassungen von Pflanzen

Neophyten und invasive Arten

---



# Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 4. Auflage .....	XIII
Einführung .....	1
Grundlagen .....	3
Erdgeschichte und Evolution .....	3
Generationswechsel .....	4
Systematik .....	5
Vielfalt ordnen und verstehen .....	5
Klassifikationssystem .....	6
Phylogenetik .....	8
Methoden der systematischen Botanik .....	12
Morphologie .....	12
Anatomie .....	13
Embryologie .....	13
Pollen – Palynologie .....	14
Blütenbiologie .....	15
Zytologie .....	16
Chemotaxonomie .....	17
Molekulare Systematik .....	18
Genetik .....	20
Vegetationsgeschichte .....	21
Pflanzengeographie .....	21
Ökologie .....	22
Pflanzensoziologie .....	22
Biodiversität .....	23
Allgemeine Informationen .....	25
Informationen zu den Abbildungen .....	25
Nutzung von Pflanzen .....	25
Verwendete Symbole .....	27
Zertifizierung von Kenntnissen in Feldbotanik .....	28
Abkürzungen .....	29
Landpflanzen .....	31
Abteilung <i>Bryophyta</i> .....	35
Allgemeines .....	35
Generationswechsel .....	35
Vorkommen .....	37
Klasse <i>Marchantiopsida</i> .....	39
Unterklasse <i>Marchantiidae</i> .....	39
Unterklasse <i>Jungermanniidae</i> .....	39
Klasse <i>Anthoceropsida</i> .....	39
Klasse <i>Bryopsida</i> .....	39
Unterklasse <i>Andreaeidae</i> .....	40
Unterklasse <i>Bryidae</i> .....	40
Unterklasse <i>Sphagnidae</i> .....	41
Abteilung <i>Pteridophyta</i> .....	43
Allgemeines .....	43
Generationswechsel .....	43

Vorkommen . . . . .	45
Klasse <i>Lycopodiopsida</i> . . . . .	46
Ordnung <i>Lycopodiales</i> . . . . .	46
Familie <i>Lycopodiaceae</i> . . . . .	46
Ordnung <i>Selaginellales</i> . . . . .	47
Familie <i>Selaginellaceae</i> . . . . .	47
Ordnung <i>Isoëtales</i> . . . . .	47
Klasse <i>Filicopsida</i> . . . . .	48
Unterklasse <i>Ophioglossidae</i> . . . . .	48
Ordnung <i>Ophioglossales</i> . . . . .	48
Familie <i>Ophioglossaceae</i> . . . . .	48
Unterklasse <i>Equisetidae</i> . . . . .	48
Familie <i>Equisetaceae</i> . . . . .	49
Unterklasse <i>Polypodiidae</i> . . . . .	51
Familie <i>Aspleniaceae</i> . . . . .	52
Familie <i>Athyriaceae</i> . . . . .	53
Familie <i>Blechnaceae</i> . . . . .	54
Familie <i>Cystopteridaceae</i> . . . . .	54
Familie <i>Dennstaedtiaceae</i> . . . . .	54
Familie <i>Dryopteridaceae</i> . . . . .	54
Familie <i>Polypodiaceae</i> . . . . .	55
Abteilung <i>Spermatophyta</i> . . . . .	57
Allgemeines . . . . .	57
Blüten . . . . .	58
Bestäubung . . . . .	59
Befruchtung . . . . .	59
Samenbildung . . . . .	60
Zusammenfassung wichtiger Merkmale der <i>Spermatophyta</i> . . . . .	61
Klasse <i>Gymnospermae</i> . . . . .	63
Allgemeiner Bau . . . . .	63
Blüten . . . . .	63
Bestäubung . . . . .	64
Befruchtung . . . . .	64
Samenbildung . . . . .	65
Zusammenfassung wichtiger Merkmale der <i>Gymnospermae</i> . . . . .	65
Unterklasse <i>Ginkgoidae</i> . . . . .	66
Familie <i>Ginkgoaceae</i> . . . . .	66
Unterklasse <i>Pinidae</i> . . . . .	67
Familie <i>Cupressaceae</i> . . . . .	68
Familie <i>Pinaceae</i> . . . . .	69
Familie <i>Taxaceae</i> . . . . .	73
Klasse <i>Angiospermae</i> . . . . .	75
Allgemeiner Bau . . . . .	75
Blüten . . . . .	75
Bestäubung . . . . .	81
Befruchtung . . . . .	82
Samenbildung . . . . .	82
Früchte . . . . .	82
Vegetative Merkmale . . . . .	84
Vegetative Fortpflanzung . . . . .	92
Apomixis . . . . .	92

Viviparie . . . . .	93
Zusammenfassung wichtiger Merkmale der <i>Angiospermae</i> . . . . .	94
Systematischer Teil <i>Angiospermae</i> . . . . .	95
Einheimische Ordnungen und Familien der <i>Angiospermae</i> . . . . .	98
Basale <i>Angiospermae</i> . . . . .	101
Familie <i>Nymphaeaceae</i> . . . . .	101
Familie <i>Aristolochiaceae</i> . . . . .	102
<i>Monocotyledonae</i> . . . . .	103
Ursprüngliche <i>Monocotyledonae</i> . . . . .	104
Ordnung <i>Alismatales</i> . . . . .	104
Familie <i>Araceae</i> . . . . .	104
Unterfamilie <i>Aroideae</i> . . . . .	105
Unterfamilie <i>Lemnoideae</i> . . . . .	106
Familie <i>Tofieldiaceae</i> . . . . .	106
Tierbestäubte <i>Monocotyledonae</i> . . . . .	107
Ordnung <i>Liliales</i> . . . . .	107
Familie <i>Colchicaceae</i> . . . . .	107
Familie <i>Liliaceae</i> . . . . .	107
Familie <i>Melanthiaceae</i> . . . . .	108
Ordnung <i>Asparagales</i> . . . . .	109
Familie <i>Orchidaceae</i> . . . . .	109
Unterfamilie <i>Cypripedioideae</i> . . . . .	110
Unterfamilie <i>Orchidoideae</i> . . . . .	110
Familie <i>Iridaceae</i> . . . . .	113
Familie <i>Amaryllidaceae</i> . . . . .	113
Unterfamilie <i>Allioideae</i> . . . . .	113
Unterfamilie <i>Amaryllidoideae</i> . . . . .	114
Familie <i>Asparagaceae</i> . . . . .	115
Windbestäubte <i>Monocotyledonae</i> . . . . .	117
Ordnung <i>Poales</i> . . . . .	117
Familie <i>Cyperaceae</i> . . . . .	117
Familie <i>Juncaceae</i> . . . . .	125
Familie <i>Poaceae</i> . . . . .	127
Familie <i>Typhaceae</i> . . . . .	139
<i>Eudicotyledonae</i> . . . . .	140
Basale <i>Eudicotyledonae</i> . . . . .	140
Ordnung <i>Ranunculales</i> . . . . .	140
Familie <i>Berberidaceae</i> . . . . .	141
Familie <i>Papaveraceae</i> . . . . .	141
Unterfamilie <i>Papaveroideae</i> . . . . .	141
Familie <i>Ranunculaceae</i> . . . . .	142
Kern- <i>Eudicotyledonae</i> . . . . .	150
Ordnung <i>Caryophyllales</i> . . . . .	150
Familie <i>Amaranthaceae</i> . . . . .	150
Familie <i>Caryophyllaceae</i> . . . . .	151
Unterfamilie <i>Alsinoideae</i> . . . . .	152
Unterfamilie <i>Paronychioideae</i> . . . . .	154
Unterfamilie <i>Silenoideae</i> . . . . .	154
Familie <i>Droseraceae</i> . . . . .	157
Familie <i>Polygonaceae</i> . . . . .	158
Ordnung <i>Santalales</i> . . . . .	161
Familie <i>Santalaceae</i> . . . . .	161

Ordnung <i>Saxifragales</i> . . . . .	162
Familie <i>Crassulaceae</i> . . . . .	162
Familie <i>Saxifragaceae</i> . . . . .	164
Überordnung <i>Rosanae</i> . . . . .	167
Fabiden . . . . .	167
Ordnung <i>Celastrales</i> . . . . .	167
Familie <i>Celastraceae</i> . . . . .	167
Familie <i>Parnassiaceae</i> . . . . .	167
Ordnung <i>Malpighiales</i> . . . . .	168
Familie <i>Euphorbiaceae</i> . . . . .	168
Familie <i>Hypericaceae</i> . . . . .	169
Familie <i>Linaceae</i> . . . . .	170
Familie <i>Salicaceae</i> . . . . .	170
Familie <i>Violaceae</i> . . . . .	173
Ordnung <i>Oxalidales</i> . . . . .	175
Familie <i>Oxalidaceae</i> . . . . .	175
Ordnung <i>Fabales</i> . . . . .	176
Familie <i>Fabaceae</i> . . . . .	176
Unterfamilie <i>Faboideae</i> . . . . .	176
Familie <i>Polygalaceae</i> . . . . .	184
Ordnung <i>Fagales</i> . . . . .	185
Familie <i>Betulaceae</i> . . . . .	185
Familie <i>Fagaceae</i> . . . . .	188
Familie <i>Juglandaceae</i> . . . . .	190
Ordnung <i>Rosales</i> . . . . .	190
Familie <i>Cannabaceae</i> . . . . .	191
Familie <i>Elaeagnaceae</i> . . . . .	192
Familie <i>Rhamnaceae</i> . . . . .	192
Familie <i>Rosaceae</i> . . . . .	193
Unterfamilie <i>Rosoideae</i> . . . . .	195
Unterfamilie <i>Maloideae</i> . . . . .	200
Unterfamilie <i>Prunoideae</i> . . . . .	203
Familie <i>Ulmaceae</i> . . . . .	204
Familie <i>Urticaceae</i> . . . . .	205
Malviden . . . . .	205
Ordnung <i>Geraniales</i> . . . . .	205
Familie <i>Geraniaceae</i> . . . . .	205
Ordnung <i>Myrtales</i> . . . . .	207
Familie <i>Onagraceae</i> . . . . .	208
Ordnung <i>Brassicales</i> . . . . .	209
Familie <i>Brassicaceae</i> . . . . .	209
Ordnung <i>Malvales</i> . . . . .	214
Familie <i>Cistaceae</i> . . . . .	214
Familie <i>Malvaceae</i> . . . . .	215
Unterfamilie <i>Malvoideae</i> . . . . .	215
Unterfamilie <i>Tilioideae</i> . . . . .	216
Familie <i>Thymelaeaceae</i> . . . . .	217
Ordnung <i>Sapindales</i> . . . . .	218
Familie <i>Sapindaceae</i> . . . . .	218
Überordnung <i>Asteranae</i> . . . . .	220
Basale Ordnungen der <i>Asteranae</i> . . . . .	220
Ordnung <i>Cornales</i> . . . . .	220
Familie <i>Cornaceae</i> . . . . .	220

Ordnung <i>Ericales</i> . . . . .	221
Familie <i>Balsaminaceae</i> . . . . .	221
Familie <i>Ericaceae</i> . . . . .	222
Familie <i>Primulaceae</i> . . . . .	225
Lamiiden . . . . .	229
Ordnung <i>Boraginales</i> . . . . .	229
Familie <i>Boraginaceae</i> . . . . .	229
Ordnung <i>Gentianales</i> . . . . .	231
Familie <i>Apocynaceae</i> . . . . .	232
Unterfamilie <i>Apocynoideae</i> . . . . .	232
Unterfamilie <i>Asclepiadoideae</i> . . . . .	232
Familie <i>Gentianaceae</i> . . . . .	232
Familie <i>Rubiaceae</i> . . . . .	235
Ordnung <i>Lamiales</i> . . . . .	237
Familie <i>Oleaceae</i> . . . . .	239
Familie <i>Plantaginaceae</i> . . . . .	240
Familie <i>Scrophulariaceae</i> . . . . .	245
Familie <i>Orobanchaceae</i> . . . . .	245
Familie <i>Lentibulariaceae</i> . . . . .	248
Familie <i>Lamiaceae</i> . . . . .	249
Familie <i>Verbenaceae</i> . . . . .	254
Ordnung <i>Solanales</i> . . . . .	255
Familie <i>Convolvulaceae</i> . . . . .	255
Familie <i>Solanaceae</i> . . . . .	256
Campanuliden . . . . .	258
Ordnung <i>Aquifoliales</i> . . . . .	258
Familie <i>Aquifoliaceae</i> . . . . .	258
Ordnung <i>Apiales</i> . . . . .	258
Familie <i>Apiaceae</i> . . . . .	259
Familie <i>Araliaceae</i> . . . . .	263
Ordnung <i>Asterales</i> . . . . .	265
Familie <i>Asteraceae</i> . . . . .	265
Unterfamilie <i>Asteroideae</i> . . . . .	267
Unterfamilie <i>Carduoideae</i> . . . . .	276
Unterfamilie <i>Cichorioideae</i> . . . . .	279
Familie <i>Campanulaceae</i> . . . . .	283
Ordnung <i>Dipsacales</i> . . . . .	286
Familie <i>Adoxaceae</i> . . . . .	286
Familie <i>Caprifoliaceae</i> . . . . .	287
Familie <i>Dipsacaceae</i> . . . . .	288
Familie <i>Valerianaceae</i> . . . . .	290
Ökologie und Pflanzengesellschaften . . . . .	293
Eigenschaften eines Standortes . . . . .	293
Klima . . . . .	293
Boden . . . . .	295
Relief . . . . .	299
Lebewesen . . . . .	300
Beschreibung von Standorteigenschaften . . . . .	303
Zeigerwerte und Zeigerpflanzen . . . . .	303
Vikarianten . . . . .	304
Ökogramme . . . . .	305

Höhenstufen . . . . .	309
Biogeographische Regionen und Lebensräume . . . . .	311
Pflanzengesellschaften . . . . .	313
Tiefland (kolline und montane Stufe) . . . . .	313
Natürliche Vegetation . . . . .	313
Wälder . . . . .	313
Verlandung von Seen . . . . .	316
Hochmoore . . . . .	318
Flussauen . . . . .	319
Trockenwiesen . . . . .	322
Vom Menschen geprägte Vegetation . . . . .	323
Waldränder und Hecken . . . . .	323
Wiesland . . . . .	323
Fettwiesen . . . . .	324
Weiden . . . . .	325
Halbtrockenwiesen . . . . .	326
Feuchtwiesen im Verlandungsgebiet . . . . .	326
Ackerland . . . . .	327
Pioniervegetationen . . . . .	327
Ackerbegleitflora . . . . .	327
Ruderalflora . . . . .	328
Trittgemeinschaften . . . . .	328
Mauern . . . . .	328
Berggebiet (subalpine und alpine Stufe) . . . . .	330
Bewaldete Region (subalpine Stufe) . . . . .	330
Wälder . . . . .	330
Kulturland . . . . .	332
Fettwiesen . . . . .	332
Weiden . . . . .	332
Lägerstellen . . . . .	332
Verlandung von Seen . . . . .	333
Gebirgsauen . . . . .	333
Zwergstrauchgesellschaften . . . . .	334
Hochstaudenfluren . . . . .	334
Natürlicherweise waldfreies Berggebiet (alpine Stufe) . . . . .	336
Rasen . . . . .	336
Feuchtgebiete . . . . .	338
Kuppen und Grate . . . . .	338
Schneetälchenfluren . . . . .	339
Schuttfluren . . . . .	340
Felsvegetationen . . . . .	341
Vegetationsdynamik und Sukzession . . . . .	342
Anpassungen von Pflanzen . . . . .	345
Neophyten und invasive Arten . . . . .	349
Quellen und Literatur . . . . .	353
Register . . . . .	359

---

## Vorwort zur 4. Auflage

Die Grundlagenvorlesungen in Systematischer Botanik werden an der ETH Zürich z. Z. von Studierenden der Biologie und der Pharmazeutischen Wissenschaften sowie der Agrar-, Lebensmittel- und Umweltnaturwissenschaften besucht. Die gemeinsamen Bedürfnisse dieser verschiedenen Studiengänge wurden bei der Abfassung des hier vorliegenden Buches berücksichtigt. Die vorherigen Auflagen wurden von mir alleine verfasst, für die 4. Auflage konnte ich zwei Kollegen zur Mitarbeit gewinnen: Alex Widmer vom gleichen Institut an der ETH Zürich und Reto Nyffeler vom Institut für Systematische Botanik der Universität Zürich. Durch die Mitarbeit von Reto Nyffeler (Universität Zürich) konnte sein breites Wissen über molekulare Systematik und phylogenetische Bäume eingebracht werden. Um den Buchpreis für die Studierenden möglichst tief zu halten, verzichteten wir Autoren auf ein Honorar.

Die Systematik wird in unserem Buch aus mehreren Gründen vor allem anhand einheimischer Pflanzen dargestellt. Erstens kann der Stoff so in Übungen und auf Exkursionen an frischem, lebendem Material veranschaulicht werden. Eigenes Beobachten und Bestimmen ermöglicht eine nachhaltige Wissensaufnahme. Zweitens weist die Schweiz viele und sehr unterschiedliche Biotope auf und bietet den Pflanzen verschiedenste Habitats: kolline bis alpine Stufe, Moore bis zentralalpine Trockengebiete, Wälder, Wiesen, Weiden, Äcker, Ruderalstellen, Schutthalden oder Felsspalten. Deshalb ist die Flora der Schweiz artenreich und vielfältig zusammengesetzt. Drittens: Die Schweizerische Botanische Gesellschaft SBG bietet, in Zusammenarbeit mit Info Flora und unter dem Patronat des Bundesamtes für Umwelt BAFU, die Zertifizierung von botanischen Feldkenntnissen der schweizerischen Flora an. Der Stoff im vorliegenden Buch wurde auch auf die Anforderungen dieser Zertifikate ausgerichtet.

Neu basiert das hier präsentierte Klassifikationssystem auf dem aktuellen Stand der molekularphylogenetischen Daten (die relevanten Literaturzitate werden an den entsprechenden Stellen angegeben). Die neuen Erkenntnisse führten in einigen Gruppen (v.a. Tierbestäubte *Monocotyledonae*, *Ericales*, *Lamiales* und *Dipsacales*) zu grundlegenden Änderungen der Systematik. Die Verwandtschaftsstruktur wird in der Übersicht und innerhalb der Gruppen mit grossen Veränderungen anhand von Stammbäumen dargestellt und erläutert. Einige Kapitel wurden neu aufgenommen oder stark erweitert, z.B. Landpflanzen, Biogeographische Regionen und Lebensräume, Neophyten.

Wir Autoren verantworten gemeinsam die Inhalte des Buches. Dennoch möchte ich zwei Aspekte etwas relativieren. Erstens: Der letzte Abschnitt im Buch (Schluss des Kapitels Neophyten) ist meine persönliche Einschätzung. Meine Mitautoren haben sich aber bereit erklärt, diesen Abschnitt ins Buch aufzunehmen und mitzutragen. Zweitens: Angeregt durch die sog. «Nihilarti-

---

kel» in Pschyrembel (Medizinische Wörterbücher, mit: Steinlaus [*Petrophaga lorioti*]) und Wichtl (Teedrogen und Phytopharmaka, mit: *Pasta Theobromae*) habe ich für die Auflagen 2 und 3 dieses Buches einige Inhalte «erfunden» (z.B. *Geranium surrealum*, *Ranunculus suavis* und *Veronica erotica*). Auch in diesem Buch gibt es Wortspiele und «erfundene Tatsachen». Ich danke meinen beiden Koautoren, die dies zuliessen, ohne zu wissen, was damit ins Buch aufgenommen wird.

Zur hier vorliegenden 4. Auflage haben viele Personen beigetragen, denen ich danken möchte. Ich danke meinen beiden Koautoren Reto Nyffeler und Alex Widmer, sie haben wesentlich an Inhalt und Form mitgearbeitet. Ein besonderer Dank geht an meine Assistentin Constanze Conradin (Zürich) und meine Frau Babette Baltisberger; beide haben mit grosser Ausdauer und viel Herzblut mitgearbeitet, wodurch v.a. wegen der verschiedenen Blickwinkel sehr wertvolle und ganz unterschiedliche Anregungen und Korrekturen eingebracht wurden. Die Informationen zu den offizinellen Arten bearbeitete Oliver Stähli (Apotheker, Winterthur), jene zu den in der Alternativmedizin verwendeten Pflanzen wurden mir von Claudia Cairone (Weleda, Arlesheim) und Ingrid Langer (Bioforce, Teufen) zur Verfügung gestellt. PD Dr. Sabine Güsewell und Dr. Jake Alexander (beide Zürich) gaben mir Hinweise zu Literatur betreffend einheimischer, invasiver Arten. Dr. Daniel Frey und Karsten Rohweder unterstützten mich bei Computerproblemen. Stefan Eggenberg (Bern) gab mir Hinweise betreffend der Zertifikate der SBG, Andreas Gygax (Bern) stellte mir die Korrelationsliste der Artnummern in den beiden letzten Auflagen der «Flora Helvetica» zur Verfügung. Der Stoff wird mit zahlreichen Abbildungen illustriert; ich danke den Verlagen und Personen, welche mir Abbildungen zur Verfügung stellten (siehe Zusammenstellung zum Nachweis der Abbildungen). Einige Abbildungen wurden vom Grafischen Atelier Gächter (Fred und Manuel Gächter, Oberegg) neu geschaffen oder stark überarbeitet, für die sorgfältige Umsetzung und das Eingehen auf meine Wünsche danke ich ihnen sehr; sie haben das Layout erstellt und mit viel Ausdauer und grosser Geduld meine Anregungen aufgenommen und auch späte Korrekturen berücksichtigt. Ein Dank gebührt dem Verlagsteam des vdf für die unkomplizierte Zusammenarbeit und das rasche Umsetzen meiner Wünsche. Die 4. Auflage basiert zu einem grossen Teil auf den vorhergehenden Auflagen, zu denen zahlreiche Personen beigetragen haben. Der in diesen Auflagen ausgesprochene Dank sei hier ebenfalls eingeschlossen.

Zürich, im November 2012  
Matthias Baltisberger

---

# Einführung

## Vielfalt der Lebewesen

Die heute lebenden Organismen sind das Ergebnis einer langen biologischen Evolution. Im Verlauf von grossen Zeiträumen (Millionen von Jahren) entwickelten sich an die jeweiligen Umweltbedingungen angepasste Organismen. Diese Anpassungen erfolgten im Zusammenhang mit der sich durch geomorphologische und klimatische Ereignisse verändernden Umwelt und wurden ermöglicht durch Evolutionsprozesse. Die Rekonstruktion der Verwandtschaftsbeziehungen und somit der Evolutionsgeschichte lässt sich in Form eines Stammbaumes darstellen, der dem einer Familie oder Dynastie ähnlich ist. Unter Berücksichtigung der rekonstruierten Verwandtschaftsmuster (Beziehungen Vorfahren – Nachkommen) können die Organismen in Grossgruppen unterteilt werden. Die Anzahl der Gruppen ist je nach Auffassung der Autoren verschieden. Eine mögliche Einteilung ist in Abb. 1 dargestellt. Die beiden Gruppen *Archaea* und *Bacteria* sind unbestritten, beide gehören zu den *Prokaryota* (Zellen ohne Zellkern). Alle anderen Gruppen

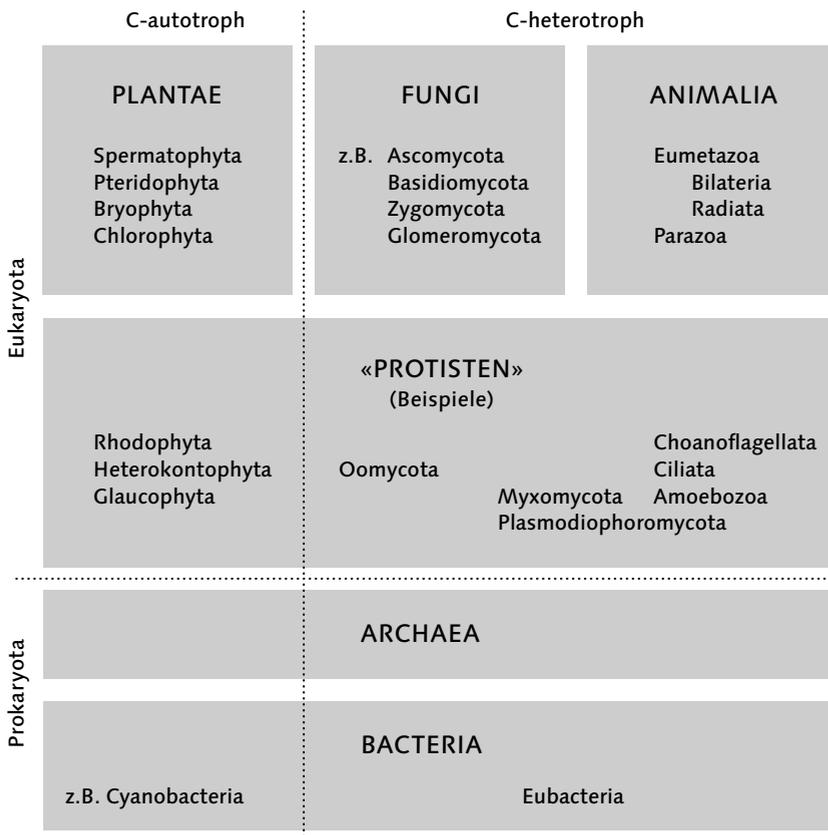


Abb. 1: Mögliche Einteilung der Organismen; unten die beiden Gruppen der *Prokaryota*, alle oberen Gruppen sind die *Eukaryota*; links die C-autotrophen, Mitte und rechts die C-heterotrophen Organismen.

pen gehören zu den *Eukaryota* (Zellen mit Zellkern). Die 3 Gruppen in der oberen Reihe mit *Plantae* (Pflanzen), *Fungi* (Pilze) und *Animalia* (Tiere) sind schon lange anerkannt. Der mittlere Bereich mit den «Protisten» hingegen umfasst mehrere, z.T. auch umstrittene Gruppen, deren Verwandtschaftsbeziehungen noch nicht in allen Fällen klar sind. Neue Erkenntnisse führen immer wieder zu Umgruppierungen innerhalb der «Protisten». In diesem Buch werden nur Teile der unbestrittenen Gruppe *Plantae* behandelt (*Bryophyta*, *Pteridophyta*, *Spermatophyta*).

Die Samenpflanzen beherrschen heute mit über 250'000 bekannten Arten die terrestrischen Biotope, und laufend werden neue Arten entdeckt und beschrieben. Niemand kennt die gesamte Zahl der auf der Welt lebenden Arten an Samenpflanzen. Die höchsten Schätzungen gehen bis zu 420'000 Arten (Govaerts 2001, Bramwell 2002). Durch Benennen, Unterteilen und Klassifizieren versucht man, einen Überblick über diese Vielfalt zu erlangen. Weil ständig neue Arten beschrieben werden, ist das Klassifikationssystem kein vollständiger und abgeschlossener Katalog. Zudem werden mit neuen Methoden (z.B. Verwandtschaftsanalysen basierend auf Sequenzdaten der DNA [teilweise von ganzen Genomen]) neue Erkenntnisse über Verwandtschaftsverhältnisse und damit über die Evolution gewonnen. Die Erstellung eines phylogenetischen Stammbaumes aller rezenten und ausgestorbenen Organismen ist ein sehr langwieriges Projekt, das mit den ersten, damals noch künstlichen Klassifikationssystemen vor Jahrhunderten angelaufen ist und in das immer neue Informationen und Erkenntnisse einfließen. Der aktuelle Stand lässt sich im Internet mitverfolgen ([www.tolweb.org](http://www.tolweb.org)).

---

---

# Grundlagen

## Erdgeschichte und Evolution

Spätestens seit Charles Darwin seine Evolutionstheorie publiziert hat (1859), wissen wir, dass die heutige Vielfalt der Lebewesen das Ergebnis einer historischen Entwicklung im Zusammenhang mit verschiedenen Prozessen ist. Im Laufe dieser Entwicklung haben sich die Lebewesen verändert, und viele neue Formen sind entstanden. Fossilien sind Zeugen der sich über Jahrtausende und Jahrmillionen verändernden Lebewesen und Lebensgemeinschaften. Sie geben Hinweise auf frühere Lebensformen und die Geschichte der heutigen Lebewesen.

## Fossilien

Die meisten Fossilien findet man in Sedimentgesteinen. Tote Lebewesen lagern sich zusammen mit Sand und Schlamm am Grunde von Gewässern ab und werden durch weitere Ablagerungen im Laufe der Zeit zu Gesteinschichten zusammengepresst. Am häufigsten wurden und werden harte Strukturen erhalten, die durch eingesickerte gelöste Mineralien zusätzlich erhärtet («versteint») sein können. Manchmal bleibt nur der Abdruck eines Organismus zurück, während vom Organismus selbst nichts mehr vorhanden ist. Diese Formen können sich später mit Mineralien füllen, so dass eine steinerne Nachbildung des ursprünglichen Organismus entsteht.

Die Ablagerung von Material erfolgt sukzessive Schicht auf Schicht. Die aufeinanderliegenden Schichten stellen ein Abbild der zeitlichen Abfolge der Ablagerungen dar und repräsentieren verschiedene Phasen in der Geschichte der Erde und der Entwicklung des Lebens. Durch den Vergleich vieler Fundorte wurde eine geologische Abfolge dieser Schichten erstellt. Entsprechend den Schichten lassen sich die darin gefundenen Fossilien in eine zeitliche Abfolge bringen.

Eine absolute Altersbestimmung erfolgt häufig durch Messung der Zerfallsprodukte bestimmter radioaktiver Isotope. Für die letzten 100'000 Jahre wird in der Regel die  $^{14}\text{C}$ -Methode (Radiokarbonmethode) verwendet: Im  $\text{CO}_2$  der Luft und in der lebenden Pflanze ist neben  $^{12}\text{C}$  ein bestimmter kleiner Anteil des Isotops  $^{14}\text{C}$  vorhanden. Dieses zerfällt unter messbarer radioaktiver Strahlung mit einer Halbwertszeit von 5600 Jahren in  $^{12}\text{C}$ . Nach dem Absterben wird kein  $^{14}\text{C}$  mehr in die Pflanze eingebaut. Da die Radioaktivität proportional zur Menge des noch vorhandenen  $^{14}\text{C}$  ist, kann daraus das Alter einer organischen Probe bestimmt werden.

Natürlich hängt es weitgehend vom Zufall ab, ob Lebewesen fossilisiert und dann auch gefunden werden. Zudem handelt es sich vor allem um in der Nähe von Seen und Meeren vorkommende Pflanzen. Die Gebirgsflora ist in Fossilfunden schlecht vertreten. Trotzdem gewinnt man durch Fossilien aus zahlreichen, über die ganze Erde verstreuten Fundstellen ein aufschluss-

---

reiches Bild über die Flora (und Fauna) der Vergangenheit. Solche Funde geben wichtige Einblicke in den zeitlichen Verlauf der Stammesgeschichte und der Evolution von Merkmalen.

### **Veränderungen der Erde**

Nicht nur das Leben, auch unser Planet selbst hat sich im Laufe der Zeit verändert. Meteoriteneinschläge, Eiszeiten und Änderungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre brachten und bringen einschneidende Veränderungen hervor mit wesentlichem Einfluss auf die Evolution. Auch die Erdoberfläche selbst veränderte sich. Die Erdkruste besteht aus einzelnen tektonischen Platten, die sich gegeneinander verschieben. Man weiss heute, dass sich Lage, Anzahl und Form der Kontinente im Laufe der letzten 750 Millionen Jahre ständig verändert haben. Bei Kollisionen dieser Platten haben sich grosse und kleinere Gebirge gebildet (z.B. Alpen, Pyrenäen, Himalaya), was eine enorme Diversifizierung von Lebensräumen zur Folge hatte. Aufgrund von Veränderungen der Landmasse (horizontal und vertikal) veränderte sich auch das in den Lebensräumen herrschende Klima und die Zugänglichkeit von Regionen für verschiedene Lebewesen.

Die Schweiz liegt in einer solchen Kollisionszone von Kontinenten: der afrikanische Kontinent stiess und stösst noch immer auf den eurasiatischen Kontinent. Beim Zusammenstoss dieser zwei Landmassen im Tertiär wurden die Alpen aufgefaltet. Dieses Gebirge ist für die Schweiz und unsere Flora von entscheidender Bedeutung. Nur der Alpen wegen haben wir verschiedene Klimatypen in der Schweiz, nur der Alpen wegen gibt es bei uns die Höhenstufen mit ihren unterschiedlichen Standortverhältnissen und dadurch auch sehr verschiedenen Pflanzengesellschaften.

### **Generationswechsel**

Sexuelle Fortpflanzung ist mit den beiden Prozessen Kernverschmelzung (**Karyogamie**) und Reduktionsteilung (**Meiose**) verbunden. Zwei Gameten verschmelzen zu einer Zelle, ihre Kerne vereinigen sich zu einem Kern (= Karyogamie). Die Chromosomen der beiden Gameten befinden sich dann in dem einen vereinigten Kern, die Chromosomenzahl hat sich dadurch i.d.R. verdoppelt. Die aus einer Verschmelzung von zwei Gameten hervorgehende Zelle wird Zygote genannt. Aus ihr entwickelt sich der Sporophyt. Im Gegensatz zur Karyogamie wird in einer Meiose über zwei Teilungsschritte die Zahl der Chromosomen in einer Zelle wieder auf die Hälfte reduziert. Daraus entsteht der Gametophyt.

Bei einem Organismus, der sich sexuell fortpflanzt, wechseln sich Zellen von beiden Typen ab. Auf Zellen mit der reduzierten Chromosomenzahl (von der Meiose bis zur Karyogamie) folgen Zellen mit der nichtreduzierten Chromosomenzahl (von der Karyogamie bis zur Meiose), dann kommen wieder Zellen mit der reduzierten Chromosomenzahl etc. Die Phase mit der reduzierten Chromosomenzahl wird als **1n**, jene mit der nichtreduzierten Zahl

---

als **2n** bezeichnet. Da die beiden Kernphasen (1n resp. 2n) als verschiedene Generationen angesehen werden und sich immer abwechseln, spricht man von einem **Generationswechsel**. Ein solcher Generationswechsel umfasst zwei verschiedene Phasen und wird **heterophasisch** genannt. Wenn die beiden Generationen (1n resp. 2n) gleich aussehen (dies ist bei einigen Algen der Fall), spricht man von einem **isomorphen** Generationswechsel. Meistens sehen aber die beiden Generationen verschieden aus, dann nennt man den Generationswechsel **heteromorph**.

Die reduzierte Phase (1n) wird **Gametophyt** genannt und bildet Geschlechtsorgane (**Gametangien**), in denen **Gameten** entstehen. Die nichtreduzierte Phase (2n) heisst **Sporophyt**, dort werden **Sporangien** gebildet, in denen durch Meiose **Sporen** produziert werden. Je nach Organismus dauern die beiden Phasen verschieden lange. Im Extremfall kann eine Phase auf eine einzige Zelle beschränkt sein. So gibt es z.B. Algen, bei denen alle Körperzellen die reduzierte Chromosomenzahl aufweisen. Die Hauptgeneration ist hier der Gametophyt. In den Gametangien werden Gameten gebildet, die zur Zygote verschmelzen. Diese macht nach ihrer Bildung direkt eine Meiose, der Sporophyt ist somit auf eine einzige Zelle (eben die Zygote) beschränkt.

Die im Stammbaum der *Plantae* basal abzweigenden Evolutionslinien haben eine lange gametophytische Phase, die sporophytische Phase ist kurz. Je später eine Evolutionslinie im Stammbaum abzweigt, desto länger und dominanter ist die sporophytische Phase, der Gametophyt wird dabei immer kleiner und unauffälliger. Das Verhältnis von Gametophyt zu Sporophyt ist deshalb ein wesentlicher Hinweis auf das relative Alter einer Evolutionslinie.

## Systematik

### Vielfalt ordnen und verstehen

Eine der hauptsächlichen Aufgaben der Systematik ist es, die Vielfalt der Lebewesen zu beschreiben, zu benennen und in einem wissenschaftlichen **Klassifikationssystem** zu ordnen. Dieser Teil innerhalb der Systematik wird als Taxonomie bezeichnet (von griech. *taxis* = Ordnung und *nomia* = Verwaltung). Startpunkte für die Systematik sind die beiden Werke von Carl Linné (= Carolus Linnaeus; 1707–1778), der Mitte des 18. Jahrhunderts Klassifikationssysteme für die damals bekannten Pflanzen (*Species Plantarum*, 1753) und Tiere (*Systema Naturae*, 1758) aufstellte. Seit dieser Zeit wird am umfassenden Inventar der weltweit vorkommenden Lebewesen gearbeitet. Mittlerweile sind insgesamt ca. 1.7 Mio. Arten bekannt, wovon etwa 270'000 zu den Gefäßpflanzen gehören. Dieses wissenschaftliche Klassifikations- und Benennungssystem – die Taxonomie – bildet das Fundament jeglicher Beschäftigung mit der belebten Welt. Die wissenschaftlichen Namen sind dabei der Schlüssel für den Zugang zum Wissen über die entsprechenden Lebewesen. Der wissenschaftliche Name *Bellis perennis* steht für die Art, die

---

bei uns volkstümlich als «Gänseblümchen» bekannt ist. Damit können wir in einem Pflanzenbestimmungswerk oder in einem Buch über Wildkräuter Informationen über Merkmale oder Nutzungsmöglichkeiten dieser Pflanze nachschlagen.

Das Verständnis über den Ursprung und die Verwandtschaften der in der Klassifikation unterschiedenen taxonomischen Einheiten (Taxa, Einzahl Taxon) von Organismen hat sich im Laufe der Zeit stark gewandelt. In der Zeit von Carl Linné galten die Einheiten noch als gottgeschaffen und unveränderlich. Die Evolutionstheorie (1859) von Charles Darwin (1809–1882) führte zu einem zunehmenden Verständnis für die Veränderlichkeit über die Zeit und die fundamentale Bedeutung der Beziehungen zwischen Vorfahren und Nachkommen («Blutsverwandtschaft»). Die künstlichen, auf wenigen *a priori* festgelegten Merkmalen beruhenden Systeme (z.B. Sexualklassifikation von Carl Linné auf der Grundlage der Anzahl Staubblätter) wurden in sogenannte «natürliche» Klassifikationssysteme überführt, die möglichst viele Eigenschaften der unterschiedenen Einheiten erklären und die Merkmalsevolution abbilden sollten. Schliesslich zeigte Willi Hennig (1913–1976) auf, dass die Rekonstruktion der Abstammungsverhältnisse die wesentliche Herausforderung in der Systematik darstellt. Damit revolutionierte er die Sichtweise auf die Ordnung der Lebewesen. Dieser Fokus auf die Beziehungen zwischen Vorfahren und Nachkommen innerhalb der Systematik hat dazu geführt, dass in der Klassifikation primär phylogenetisch charakterisierte Einheiten anerkannt werden. Die Systematik ist deshalb bestrebt, das Netzwerk der Beziehungen «Vorfahren–Nachkommen» zu rekonstruieren. Die Phylogenetik (von griech. *phylon*=Stamm und *genesis*=Ursprung) als Wissenschaft der Stammesgeschichte nutzt heute fast ausschliesslich molekulare DNA-Sequenzdaten und computergestützte Analyseverfahren, um Verwandtschaftsbeziehungen auf der Basis von Wahrscheinlichkeitsstatistiken und von verschiedenen Modellen der molekularen Evolution aufzuspüren. Mittels Diagrammen (sog. Kladogramme), die Stammbäumen ähneln, werden die relativen Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den unterschiedenen taxonomischen Gruppen dargestellt.

## **Klassifikationssystem**

### **Rangstufen**

Die Art stellt die Grundeinheit des hierarchisch aufgebauten Klassifikationssystems aller Lebewesen dar. Der Artnamen *Bellis perennis* (für das Gänseblümchen) setzt sich aus zwei Wörtern zusammen (= Binomen): dem gross geschriebenen Gattungsnamen (hier *Bellis*), gefolgt vom klein geschriebenen Art-Epithet (hier *perennis*). Über der Rangstufe der Art werden sukzessive ineinander geschachtelt Gattung, Familie, Ordnung, Klasse, Abteilung und Reich unterschieden (dies bedeutet, dass höhere Einheiten jeweils 1 bis mehrere Einheiten der nächsttieferen Stufe umfassen). Zwischen diesen Rangstufen können nach Bedarf weitere, zusätzliche Rangstufen ein-

---

gefügt werden (als Unter- oder Überfamilie etc.). Jede Rangstufe oberhalb der Gattung ist durch eine festgelegte Endung definiert (im unten angegebenen Beispiel jeweils fett gedruckt). Die Familie endet auf **-aceae**, die Ordnung auf **-ales** etc. Dieses hierarchische System sei erläutert am Beispiel der Alpen-Aster:

Abteilung	<i>Spermatophyta</i>
Klasse	<i>Angiospermae</i>
Unterklasse	<i>Magnoliidae</i>
Überordnung	<i>Asterales</i>
Ordnung	<i>Asterales</i>
Familie	<i>Asteraceae</i>
Unterfamilie	<i>Asteroideae</i>
Gattung	<i>Aster</i>
Art	<i>Aster alpinus</i> L. (L. = Linné)

Die Rangstufen von Unterfamilie bis Unterklasse werden in diesem Beispiel von den Gattungsnamen *Aster* (*Asteraceae*) resp. *Magnolia* (*Magnoliaceae*) abgeleitet. Der von uns für die Klasse verwendete Name *Angiospermae* und jener der Abteilung *Spermatophyta* werden zwar nicht von einer Gattung abgeleitet, *Magnoliopsida* resp. *Magnoliophyta*, von uns nicht verwendete Synonyme, hingegen schon.

Für insgesamt 8 Namen von Familien gibt es akzeptierte Alternativnamen, die meist auf ein besonders wichtiges Merkmal hinweisen. Für uns relevant sind: *Apiaceae* = *Umbelliferae*, *Asteraceae* = *Compositae*, *Brassicaceae* = *Cruciferae*, *Fabaceae* = *Leguminosae* (manchmal wurde früher die Unterfamilie *Faboideae* als separate Familie der *Papilionaceae* unterschieden), *Lamiaceae* = *Labiatae* und *Poaceae* = *Gramineae*.

Die unteren Rangstufen können weiter unterteilt werden: die Art in Unterart, Varietät und Forma, die Gattung in Untergattung, Sektion und Serie, und die Familie in Unterfamilie und Tribus (Mehrzahl Tribe). Rangstufen unterhalb der Art bestehen aus dem Artnamen sowie einer Abkürzung für die Rangstufe (ssp. oder subsp. für Subspecies [= Unterart], var. für Varietät, f. für Forma) und einem zusätzlichen Epithet. Wird eine vielgestaltige Art weiter unterteilt, dann trägt die den Art-Typus enthaltende Untereinheit das Art-Epithet als Autonym (= automatisch etabliertes, gleichlautendes Trinomen). So steht z.B. *Pinus mugo* subsp. *uncinata* für die Aufrechte Bergföhre; in diesem Fall wird die «typische» Unterart als *Pinus mugo* subsp. *mugo* (Legföhre) bezeichnet.

Wissenschaftliche Namen werden in der Regel kursiv gesetzt. Mit dem Begriff «Taxon» (Mehrzahl Taxa) kann irgendeine systematische Einheit einer beliebigen Rangstufe bezeichnet werden (der Begriff «Sippe» wird heute mehr oder weniger gleichbedeutend verwendet).

Für eine wirklich vollständige Benennung (insbesondere in wissenschaftlichen Arbeiten) muss zusätzlich noch der Autor, der das entsprechende Taxon benannt und beschrieben hat, aufgeführt sein (meistens in abgekürzter Form). Wenn eine spätere Neubeurteilung einen neuen Namen bedingt (z.B. Zugehörigkeit in eine andere oder eine neue Gattung), dann wird der Autor der Erstbeschreibung in Klammern gesetzt, der Autor des neuen Namens wird hinten angeführt. Beispiel: *Trichophorum caespitosum* (L.) Hartman. Diese Art wurde von Linné als Art der Gattung *Scirpus* beschrieben (*Scirpus caespitosus* L.) und später von Hartman in die Gattung *Trichophorum* umgeteilt.

### **Sammelart**

Ein Aggregat (abgekürzt: agg., gelegentlich auch aggr.; z.B. *Alchemilla vulgaris* L. agg.) besteht aus einem Zusammenschluss von wenigen bis vielen, sehr ähnlichen, nahe verwandten und (von Nichtspezialisten) nur schwer unterscheidbaren Klein-Arten. Ein Aggregat wird auch «Sammelart» (= *con-species*) genannt. Es führt jeweils den Artnamen des prominentesten Vertreters. Das Aggregat ist eine informelle Gruppe und keine offizielle Rangstufe gemäss den geltenden Regeln der wissenschaftlichen Benennung von Organismen. Im hierarchischen System ist das Aggregat über der Art, aber unterhalb der Gattung oder deren Untereinheiten positioniert.

### **Synonyme**

In der Vergangenheit wurden heute anerkannte Arten manchmal unter verschiedenen Namen beschrieben. So wurde die heute als *Gentiana acaulis* (Stengelloser Enzian) benannte Art ursprünglich von Carl Linné beschrieben, später aber (allenfalls in leicht abweichender Umschreibung) von C. Presl (*Gentiana excisa*) und von den Autoren E. P. Perrier und A. Sonjeon (*Gentiana kochiana*) mit anderen Namen belegt. Dieses Beispiel illustriert, dass verschiedene Bearbeiter unterschiedliche Ansichten haben können, wie eng oder wie weit eine bestimmte Art gefasst werden soll. Gemäss international geltenden Nomenklaturregeln soll jener Name verwendet werden, der für ein anerkanntes Taxon als erster Name korrekt publiziert wurde. Die später vergebenen Namen für das gleiche Taxon werden somit zu Synonymen des akzeptierten und verwendeten Namens. Im oben angeführten Beispiel ist *Gentiana acaulis* L. der akzeptierte Name, *Gentiana excisa* C. Presl und *Gentiana kochiana* Perr. & Song. sind Synonyme für das gleiche Taxon.

## **Phylogenetik**

### **Verwandtschaftsbeziehungen verstehen**

Das Arbeitsfeld der Systematik hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten stark verändert. Rasante Entwicklungen in der Molekularbiologie und in der Computertechnologie eröffneten neue Möglichkeiten, und das theoretische Fundament der Verwandtschaftsforschung erfuhr eine vollständige Überarbeitung. Die vielen neuen Erkenntnisse der vergangenen zwei Jahrzehnte führten zu einem neuen Verständnis der Verwandtschaftsverhältnisse inner-

---

halb der *Angiospermae*, und es wurde eine vollständig revidierte Familien- und Ordnungsklassifikation der Gefäßpflanzen ausgearbeitet (Angiosperm Phylogeny Group [APG] 1998, 2003, 2009).

Formal wird phylogenetische Verwandtschaft zwischen Taxa in Form von Schwestergruppenbeziehungen ausgedrückt. Ein Schwestertaxon ist die am nächsten mit dem untersuchten Taxon verwandte Art oder Gruppe. Diese beiden Taxa teilen einen jüngsten gemeinsamen Vorfahren, der für kein anderes Taxon Vorfahre ist. Diese beiden Schwestertaxa sind nächstverwandt zueinander, während Aussagen, dass gewisse Taxa nahe oder weit entfernt miteinander verwandt seien, nicht Ausdruck von formellen phylogenetischen Untersuchungen sind. Aussagen zur Verwandtschaft beinhalten keine Informationen zum Alter der untersuchten Verwandtschaftsgruppen. Die Bestimmung des absoluten Alters («molecular dating») ist ein eigenes Teilgebiet der Molekularen Phylogenetik und ermöglicht heute sehr genaue Aussagen zum geologischen Alter von Evolutionslinien und Verwandtschaftsgruppen. Es kann nicht in jedem Fall davon ausgegangen werden, dass alle Arten einer Verwandtschaftsgruppe untereinander morphologisch ähnlicher sind als einige von ihnen mit nächsten Verwandten ausserhalb des Taxons. So war z.B. innerhalb der Ordnung *Dipsacales* die Familie der *Caprifoliaceae* in traditioneller Umschreibung primär durch ihre Wuchsform (verholzt, meist Sträucher) charakterisiert und unterschied sich dadurch von allen anderen, krautigen Familien der Ordnung. Aufgrund molekularer Daten werden heute innerhalb der *Dipsacales* zwei Evolutionslinien unterschieden, verholzte Vertreter kommen in beiden Linien vor. Die beiden Linien mit *Adoxaceae* einerseits und *Caprifoliaceae*, *Dipsacaceae* und *Valerianaceae* andererseits werden durch unscheinbare morphologische und anatomische Merkmale im Blütenbau und Besonderheiten im Chromosomenbau charakterisiert. Damit geben sie (im Gegensatz zur Wuchsform) eine zum Stammbaum kongruente Klassifikation wieder.

Aussagen zu phylogenetischen Verwandtschaftsbeziehungen basieren immer auf drei (oder mehr) in die Untersuchung einbezogenen Taxa. Zwei von ihnen werden sich als näher untereinander verwandt herausstellen als jedes von ihnen mit dem dritten Taxon (den anderen Taxa). Die vergleichenden Daten, die zur Erarbeitung von Verwandtschaftsbeziehungen herangezogen werden, enthalten Informationen zu evolutiven Merkmalstransformationen von einem ursprünglichen Zustand zu einem neu evolvierten, abgeleiteten Zustand. Der «ursprüngliche» Zustand wird als **plesiomorph**, der «abgeleitete» Zustand als **apomorph** bezeichnet. Wenn ein plesiomorphes Merkmal bei mehreren Taxa vorhanden ist, spricht man von **Symplesiomorphie**, entsprechend wird ein bei mehreren Taxa auftretendes apomorphes Merkmal als **Synapomorphie** bezeichnet. Die Bewertung einer Ausprägung als plesiomorph oder apomorph ist relativ, denn sie bezieht sich auf die jeweils betrachtete Gruppe. Wird ein anderes Taxon untersucht, dann ändern sich auch die Bewertungen. So sind z.B. zwittrige Blüten bei den *Angiospermae*

---

ein plesiomorphes Merkmal, das zur Grundausrüstung dieser Gruppe gehört. Innerhalb der *Spermatophyta* sind zwittrige Blüten aber ein apomorphes Merkmal, das bei den abgeleiteten *Angiospermae* auftritt, hingegen nicht bei den ursprünglicheren *Gymnospermae* mit 1geschlechtigen Blüten. Weitere wichtige Beispiele für die Interpretation von Merkmalen (plesiomorph versus apomorph) sind die Entwicklung der Keimblätter (=Kotyledonen, Blätter am Keimling) und der Pollenkörner der *Angiospermae* (zur Positionierung der Ausprägungen im Stammbaum siehe Abb. 2).

Die gemeinsamen Vorfahren aller *Angiospermae* wiesen 2 Keimblätter auf (a in Abb. 2). Dieses Merkmal veränderte sich bei den Vorfahren der *Monocotyledonae* (einem Teil der *Angiospermae*) zu 1 Keimblatt (A in Abb. 2). Das Merkmal von 2 Keimblättern ist somit ursprünglich und stellt eine Sympleisomorphie der *Angiospermae* dar. Das Merkmal von 1 Keimblatt hingegen ist abgeleitet und damit eine Synapomorphie der *Monocotyledonae*. Die Unterteilung der *Angiospermae* aufgrund der Keimblattzahl führt zu 2 Gruppen mit unterschiedlicher Qualität (siehe Abb. 2). Die *Monocotyledonae* (MO, siehe Abb. 2) gehen alle auf einen gemeinsamen Vorfahren zurück und enthalten alle und nur diejenigen Vertreter, die das Merkmal von 1 Keimblatt aufweisen. Die traditionellen *Dicotyledonae* (in Abb. 2 zweimal DI) haben ebenfalls einen nächsten, gemeinsamen Vorfahren, aber nur ein Teil der Abkömmlinge dieses Vorfahren weist noch den ursprünglichen Zustand von 2 Keimblättern auf. Die *Dicotyledonae* sind also ein «Sammelbecken» für Evolutionslinien, die sich dadurch auszeichnen, dass sie nicht Teil der Verwandtschaftsgruppe sind, die die Evolution zur Apomorphie von 1 Keimblatt durchgemacht hat. Mit dieser Unterteilung aufgrund der Zahl der Keimblätter gehen weitere Merkmale einher, z.B. die Blütenzähligkeit oder die Gefäßverteilung im Querschnitt der Sprossachsen. Allerdings gibt es in dieser Aufteilung in *Monocotyledonae* (MO) und *Dicotyledonae* (zweimal DI) «Ausnahmen», wodurch die Trennung in diese beiden Gruppen nur unbefriedigend ausfiel (z.B. *Piperales*). Wie man heute weiss, sind viele dieser «Problemfälle» Teile von stammesgeschichtlich basalen Evolutionslinien (Basale *Angiospermae*, BA), die vor der Gruppe der *Monocotyledonae* (MO) und der Kerngruppe der typischen *Dicotyledonae* (*Eudicotyledonae*, ED) abzweigten (Abb. 2). Dazu gehören z.B. einige, den *Monocotyledonae* sehr ähnliche Vertreter der *Piperales* mit lanzettlichen, ganzrandigen Blättern und 3zähligen Blüten.

In ähnlicher Weise verhält es sich mit der Evolution von Pollenmerkmalen (Abb. 2; siehe auch Kapitel «Pollen – Palynologie»). Innerhalb der *Angiospermae* sind Pollenkörner mit nur 1 Keimfalte (= monosulcat) evolutiv ursprünglich und stellen somit ein plesiomorphes Merkmal dar (b in Abb. 2). Pollenkörner mit 3 in der äquatorialen Ebene liegenden Keimfalten (= tricolpater Pollen) sind evolutiv abgeleitet. Nur die Vertreter der Gruppe der *Eudicotyledonae* (ED) weisen den abgeleiteten Zustand auf (B in Abb. 2), dies stellt somit eine Synapomorphie der *Eudicotyledonae* dar.

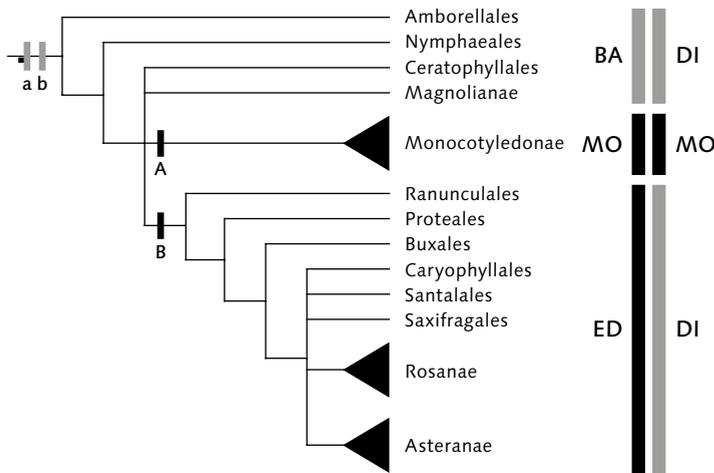


Abb. 2:  
Zusammenfassender Stammbaum der *Angiospermae*.  
**BA** = Basale *Angiospermae*.  
**DI** = *Dicotyledonae* (2x!).  
**ED** = *Eudicotyledonae*.  
**MO** = *Monocotyledonae*.  
**a** = plesiomorphes Merkmal der *Angiospermae* (2 Keimblätter).  
**A** = apomorphes Merkmal der *Monocotyledonae* (1 Keimblatt).  
**b** = plesiomorphes Merkmal der *Angiospermae* (monosulcate Pollenkörner).  
**B** = apomorphes Merkmal der *Eudicotyledonae* (tricolpate Pollenkörner).  
Schwarze Balken bezeichnen monophyletische, graue Balken paraphyletische Gruppen.

Plesiomorphe Merkmale sagen nichts aus über stammesgeschichtliche Verwandtschaften innerhalb einer Verwandtschaftsgruppe, hingegen zeigen apomorphe Merkmale eine nähere stammesgeschichtliche Verwandtschaft an. Deshalb ist es für die Rekonstruktion von Verwandtschaften wichtig, die für eine betrachtete Gruppe aussagekräftigen apomorphen Merkmale von plesiomorphen Merkmalen zu unterscheiden.

Die hauptsächlichen Evolutionslinien der *Angiospermae* gliedern sich phylogenetisch in 3 Grossgruppen (Abb. 2):

- 1 Die **Basalen *Angiospermae*** (BA) weisen keine der für die beiden andern Gruppen genannten Synapomorphien, sondern nur die Symplepsiomorphien der beiden Merkmale auf (also a und b).
- 2 Die ***Monocotyledonae*** (MO) zeichnen sich aus durch die Synapomorphie von 1 Keimblatt, haben aber wie die Basalen *Angiospermae* (BA) das plesiomorphe Merkmal der monosulcaten Pollenkörner (also A und b).
- 3 Die ***Eudicotyledonae*** (ED) zeigen die Synapomorphie von tricolpatem Pollen, haben aber wie die Basalen *Angiospermae* (BA) das plesiomorphe Merkmal der 2 Keimblätter (also a und B).

Der Begriff «**monophyletische Gruppe**» bezeichnet eine Gruppe, in der alle Taxa von einem direkten, gemeinsamen Vorfahren abstammen und die auch alle Abkömmlinge dieses Vorfahren umfasst (engl. *clade*). Eine «**paraphyletische Gruppe**» stammt zwar auch von einem direkten, gemeinsamen Vorfahren ab, umfasst aber nicht alle Abkömmlinge dieses Vorfahren (engl. *grade*). Eine «**polyphyletische Gruppe**» schliesslich ist eine taxonomische Gruppe mit Vertretern aus ganz verschiedenen Evolutionslinien. Die traditionelle Familie der *Liliaceae*, die bis vor kurzem breite Anerkennung fand, ist

gemäss neuen Erkenntnissen eine polyphyletische Gruppe und muss deshalb anders gefasst werden (siehe Abb. 35).

In der Phylogenetik werden die rekonstruierten Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den untersuchten Evolutionslinien primär als «Gabel» (= Dichotomie) mit 2 Ästen für die Nachkommen eines gemeinsamen Vorfahren gezeichnet. Liegen die Aufspaltungsereignisse mehrerer Evolutionslinien von Nachkommen zeitlich nahe beieinander oder treten bei der Rekonstruktion der relativen Aufspaltungsereignisse Widersprüche auf, so werden zur Vereinfachung mehrere Äste an einem Punkt zusammengefasst (= **Polytomie**). So sind etwa an der Basis der Kern-*Eudicotyledonae* unsere Kenntnisse über die relativen Verwandtschaftsbeziehungen noch wenig gefestigt, so dass wir hier eine Polytomie mit den 3 Ordnungen *Caryophyllales*, *Santalales* und *Saxifragales* zusammen mit den 2 Überordnungen *Rosanae* und *Asteranae* bevorzugen (Abb. 2, Abb. 34).

In der modernen Systematik werden ausschliesslich monophyletische Gruppen rezenter Arten und Artengruppen als taxonomische Einheiten akzeptiert, was früher aus Mangel an Kenntnissen (fehlende Daten) und Pragmatismus (einfach zu sehende Merkmale) nicht der Fall war.

## **Methoden der systematischen Botanik**

Ziel der systematischen Botanik ist es, Pflanzentaxa umfassend zu beschreiben und sie in einem die Abstammungsverhältnisse wiedergebenden System einzuordnen. Ein solches System wurde in der Vergangenheit «natürliches System» genannt, da es die biologischen (also «natürlichen») Verwandtschaften abbilden soll. Heute liegt der Schwerpunkt primär auf den rekonstruierten Verwandtschaftsbeziehungen, was zur jetzt verwendeten Bezeichnung «phylogenetisches System» führte. Für die Beschreibung der Taxa und die Untersuchung der Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Pflanzentaxa wird eine Vielzahl von Methoden angewendet. Im folgenden wird eine Auswahl von Methoden und Forschungsbereichen vorgestellt, die im engeren oder weiteren Sinne mit der systematischen Botanik verknüpft sind.

## **Morphologie**

Die Morphologie befasst sich mit der Gestalt und dem äusseren Bau der Pflanze sowie ihrer Organe (vegetative Teile, Fortpflanzungsorgane). Das äussere Erscheinungsbild einer Pflanze wird Habitus genannt. Bis heute bildet die Morphologie die Grundlage für das Beschreiben und Erkennen eines Taxons. Früher basierte das System, in das alle Organismen eingeteilt wurden, ausschliesslich auf morphologischen und anatomischen Merkmalen. Heute dagegen sind die DNA-Daten die wichtigste Grundlage zur Feststellung von Evolutionslinien. Allerdings sind einige der so gefundenen monophyletischen Gruppen nicht (oder noch nicht) morphologisch fassbar. Dies ist besonders für Arbeiten im Feld erschwerend.

---

Die morphologische Beschreibung der verschiedenen Taxa auf den unterschiedlichen taxonomischen Stufen stellt in diesem Buch den Hauptteil dar. Da nicht allen Taxa eindeutige Merkmale zugeordnet werden können, geben wir manchmal sogenannte Tendenzmerkmale an. Dies bedeutet, dass viele der unter dem jeweiligen Namen aufgeführten Einheiten eine bestimmte Merkmalsausprägung zeigen, dass aber auch Abweichungen vorkommen. Bei einigen Taxa, deren untergeordnete Einheiten keine gemeinsamen Merkmale aufweisen, verzichten wir bewusst auf eine morphologische Charakterisierung.

Zur Ermittlung einer echten, stammesgeschichtlichen Verwandtschaft aufgrund der Morphologie müssen jeweils homologe (bauplanähnliche) Organe verglichen werden. Durch Homologie bedingte Ähnlichkeit ist Ausdruck eines gemeinsamen Vorfahren. Homologe Organe können (müssen aber nicht) unterschiedliche Funktionen haben. Analoge (funktionsähnliche) Organe haben zwar die gleiche Funktion und können sogar sehr ähnlich aussehen, sind aber auf verschiedene Art und Weise entstanden und spiegeln somit keinen gemeinsamen Ursprung wider. Solche Organe können in stammesgeschichtlichen Überlegungen nicht miteinander verglichen werden, denn analogiebedingte Ähnlichkeit stellt letztlich die Folge von Anpassung an äussere Bedingungen und Auswahl durch Selektion dar.

Arten zeigen eine unterschiedlich stark ausgeprägte morphologische Variabilität, d.h., Individuen einer Art müssen nicht genau gleich aussehen. Diese Variabilität beruht v.a. auf genetischen Unterschieden der sich sexuell fortpflanzenden Arten. Sie kann aber auch auf phänotypischer Plastizität beruhen, hervorgerufen durch unterschiedliche Umweltbedingungen (z.B. Konkurrenzverhältnisse), die auf die einzelnen Individuen z.T. sehr kleinräumig einwirken können.

## **Anatomie**

Die Anatomie befasst sich mit dem inneren Bau der Lebewesen auf der Organisationsstufe der Gewebe und Organe. Dabei lassen sich oft für gewisse Pflanzengruppen typische Strukturen erkennen. Beispiele dazu sind die charakteristische Anordnung der Leitbündel bei *Monocotyledonae* und *Eudicotyledonae* oder der zelluläre Bau bestimmter Haarformen, wie man sie in verschiedenen Gattungen der *Brassicaceae* findet.

## **Embryologie**

Die Embryologie umfasst den Teil des Generationswechsels, der von der Sporangienbildung bis zum Abschluss der Embryobildung dauert. Sie verfolgt die Entwicklung der Gewebe und Organe, die mit der Entstehung des neuen Individuums verknüpft sind, und liefert etwa durch Vergleiche im Bau der Samenanlagen (z.B. Zahl der Integumente, Entwicklung des Embryos und des Nährgewebes) wichtige Beiträge zur Systematik.

---

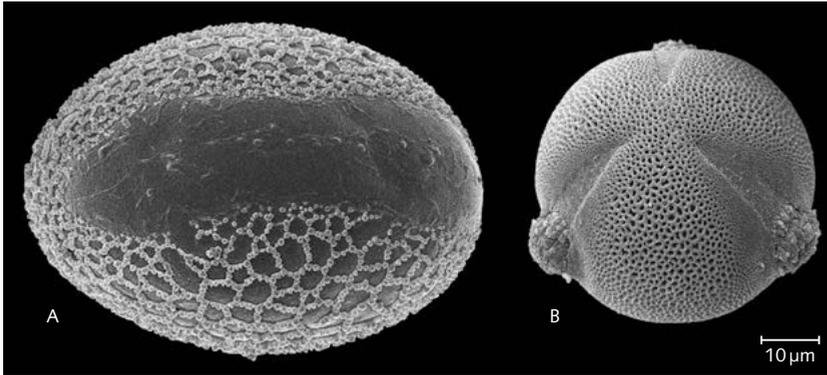


Abb. 3:  
Die beiden Pollen-Haupttypen der *Angiospermae*.  
**A:** Monosulcat (*Lilium maritagon*, *Monocotyledonae*).  
**B:** Tricolpat (*Ecballium elaterium*, *Cucurbitaceae*, *Cucurbitales*, *Eudicotyledonae*).  
(Heidemarie Halbritter)

## Pollen – Palynologie

Beim Pollen (Einzahl Pollenkorn), gebildet in den Staubblättern der Blüten, handelt es sich um die Mikrosporen der *Spermatophyta*, die von den Antheren aus durch Tiere (vorwiegend Insekten, aber auch Vögel, Fledermäuse, Kleinsäuger und Reptilien), Wind oder Wasser auf die Narben übertragen werden. Die Pollenkörner haben eine rundliche bis ovale Form und sind 10 bis 100 µm gross. Reife Pollenkörner haben eine ausserordentlich widerstandsfähige äusserste Schicht (Exine) aus Sporopollenin (Polyterpene), die eine oft für Familien, Gattungen oder sogar Arten charakteristische Oberflächenstruktur zeigt. Diese Eigenschaften werden schon seit längerem für die taxonomische Gliederung, primär der *Angiospermae*, genutzt. Da die widerstandsfähige Exine Jahrtausende bis Jahrmillionen in Sedimentschichten überdauern kann, ermöglicht deren Auftreten in verschiedenen geologischen Schichten die Rekonstruktion der Vegetations- und Florengeschichte. Die Palynologie als interdisziplinäre Wissenschaft der Geologie und Biologie untersucht das Auftreten und die Verteilung der Pollen(-körner) und Sporen im Verlauf der Erdgeschichte und erschliesst so Informationen, die für die Klimaforschung und Evolutionsbiologie von Belang sind.

Besonders wichtige Merkmale der Pollen sind die Zahl, Lage und Form der Keimöffnungen (auch Keimfalten genannt; = Aperturen). Dies sind «Furchen» oder ausgedünnte Bereiche in der Exine, durch die der Pollenschlauch bei der Keimung des Pollenkorns austritt. Längsgestreckte Keimfalten, die am Pollenkorn distal (am Ende) angelegt sind, werden als Sulci (Einzahl Sulcus) bezeichnet. Da meist nur 1 Keimfalte vorhanden ist, wird der Pollen monosulcat genannt (Abb. 3A). Solche Pollenkörner sind typisch für *Gymnospermae* wie auch für Basale *Angiospermae* und *Monocotyledonae*. Demgegenüber wird der Begriff «Colpi» (Einzahl Colpus) für äquatoriale (oder über die ganze Oberfläche verteilte), rundliche Keimfalten verwendet. Da häufig 3 Keimfalten vorliegen, werden solche Pollenkörner tricolpat genannt (Abb. 3B). Diese Merkmale sind vor allem im Zusammenhang mit der Unterteilung der *Angiospermae* in Grossgruppen von besonderer Bedeutung: