

Das System der Blütenpflanzen: Ein Stammbaummodell



Botanischer Garten der Universität Freiburg
Schänzlestraße 1
79104 Freiburg
Tel.: 0761 2032872
Fax.: 0761 2032880
www.botanischer-garten.uni-freiburg.de

Öffnungszeiten:

Freiland	täglich	08:00 bis 18:00 Uhr
Gewächshäuser	Montag bis Donnerstag Sonn- und Feiertag	12:00 bis 16:00 Uhr 14:00 bis 16:00 Uhr (Letzter Einlass jeweils 15:45 Uhr)

**Albert-Ludwigs-Universität
Freiburg**



Inhalt

Das System der Blütenpflanzen	4
Das Stammbaummodell im Botanischen Garten Freiburg	6
Vorstellung ausgewählter Pflanzen aus den Rundbeeten	10
Ehemalige Magnoliidae	10
Ehemalige Hamamelidae	13
Ehemalige Caryophyllidae	14
Ehemalige Rosidae	16
Ehemalige Dilleniidae	19
Ehemalige Asteridae	21
Ehemalige Liliatae	23

Das System der Blütenpflanzen

In vielen Botanischen Gärten werden Blütenpflanzen nach ihrer Zugehörigkeit zu verschiedenen Verwandtschaftsgruppen geordnet kultiviert. Auch im Botanischen Garten Freiburg gibt es ein „System der Blütenpflanzen“. Allerdings sind die Beete hier nicht, wie sonst meist üblich, nebeneinander aufgereiht sondern in Form eines Stammbaummodells angelegt, so dass hier die Evolution der Blütenpflanzen im wörtlichen Sinne abgelaufen werden kann. So steht an der Basis der Anlage ein Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*), der zu einer sehr ursprünglichen Verwandtschaftsgruppe, den Magnolienartigen (Ordnung Magnoliales) gehört. Von hieraus führen die in rötlichem Naturstein gepflasterten Pfade entlang von Rundbeeten mit verschiedenen Ordnungen bis hin zu den stark abgeleiteten Gruppen, bei denen im Laufe der Evolution viele neue „Weiterentwicklungen“ entstanden sind, zum Beispiel in Anpassung an bestimmte Bestäubungsstrategien. Rechts werden dabei die Entwicklungslinien der Zweikeimblättrigen dargestellt, die mit dem Rundbeet der Korbblütler (Ordnung Asterales) enden. Links befindet sich der Entwicklungszweig der Einkeimblättrigen, der bis zu den Süßgräsern (Ordnung Poales) führt. Bei seiner Anlage 1970 stellte dieses Stammbaummodell eine bedeutende Modernisierung gegenüber den klassischen Darstellungen des Systems der Blütenpflanzen in Botanischen Gärten dar. Studierende und Besucher/innen können sich seitdem die Evolution der Blütenpflanzen an den Rundbeeten veranschaulichen und je nach Jahreszeit entlang der Pfade die Besonderheiten der Blüten und Früchte der verschiedenen Gruppen entdecken. Dabei wird auch deutlich, dass das System der Blütenpflanzen nicht nur ein Ordnungssystem ist, mit dem die große Vielfalt der Pflanzen überschaubar gemacht werden kann, sondern vielmehr zeigt, wie nach aktuellem Stand der Forschung die tatsächlichen Verwandtschaftsverhältnisse der unterschiedlichen Gruppen zueinander sind und wie man sich die Evolution dieser Gruppen vorstellen kann. Dies beinhaltet aber auch eine Herausforderung, da sich das Stammbaummodell mit dem Bekanntwerden neuer Forschungsergebnisse stetig verändert. Das System der Blütenpflanzen im Botanischen Garten Freiburg wurde ursprünglich nach dem Stand der Forschung von 1970 angelegt, also noch vor dem Einsatz molekularbiologischer Methoden zur Untersuchung der Verwandtschaftsverhältnisse. Um die Orientierung zu erleichtern, sind damals für die Beschilderung der Hauptäste des Systems

verschiedene Farben zur Kennzeichnung der Großgruppen (Unterklassen) gewählt worden. Diese Farben erscheinen auf den Säulen an den einzelnen Rundbeeten sowie auf der großen runden Informationstafel, auf der alle Äste und Gruppen des "Stammbaums" nochmals wiedergegeben sind. Heute hat das Stammbaummodell des Botanischen Gartens Freiburg vor allem historische Bedeutung, aber es ist immer noch möglich sich die allgemeinen Evolutionstrends der Blütenpflanzen zu vergegenwärtigen – von den sehr ursprünglichen Gruppen in den Rundbeeten zu Beginn der Pfade vorbei an den Gruppen „mittlerer Evolutionshöhe“ bis hin zu den stark abgeleiteten („höher entwickelten“) Gruppen am Ende der Pfade. Hinsichtlich der Zugehörigkeit der Pflanzenarten zu einer bestimmten Ordnung, die jeweils in einem Rundbeet gezeigt wird, repräsentiert die Anlage jedoch nur noch zum Teil den aktuellen Stand der Forschung. Auch hinsichtlich der farblich gekennzeichneten Großgruppen, in denen die Ordnungen zusammengefasst wurden, hat sich einiges geändert. So sind inzwischen die Unterklassen der Dilleniidae (gelb markiert) und Hamamelidae (hellblau markiert) aufgelöst worden, da man heute aufgrund von molekularbiologischen Untersuchungen weiß, dass sie die tatsächlichen Verwandtschaftsverhältnisse der in ihnen zusammengefassten Pflanzenfamilien gar nicht widerspiegeln. Bei den Hamamelidae z.B. hatte man früher gedacht, dass sie zusammengehören, weil die meisten Vertreter dieser Gruppen windbestäubt sind und in Anpassung an die Windbestäubung Kätzchen bilden. Heute weiß man dagegen, dass die Anpassungen an Windbestäubung und die dafür typische Anordnung der Blüten in Kätzchen mehrfach unabhängig in der Evolution entstanden sind und dass die einzelnen Familien mit windbestäubten Blüten zu verschiedenen Entwicklungslinien gehören. Um solche Veränderungen in der Auffassung der Zugehörigkeit zu verschiedenen Großgruppen zu veranschaulichen, wurde links neben dem runden Modell des Systems von 1970 eine Infotafel aufgestellt, die das System der Blütenpflanzen nach dem aktuellen Stand der Forschung (nach Cole und Hilger 2016) zeigt und in dem gleichzeitig die einzelnen Ordnungen (bzw. Familien) mit den Farben aus dem Modell von 1970 markiert sind. Schauen Sie auf dieser Tafel doch mal nach den hellblau markierten Ordnungen und Familien, aus denen 1970 noch die Gruppe der Hamamelidae bestand, und die sich heute in sehr unterschiedlichen Entwicklungslinien wiederfinden.

Stammbaummodell im Botanischen Garten Freiburg (vereinfacht nach Takhtajan 1959)

Dikotyledonen Unterklassen

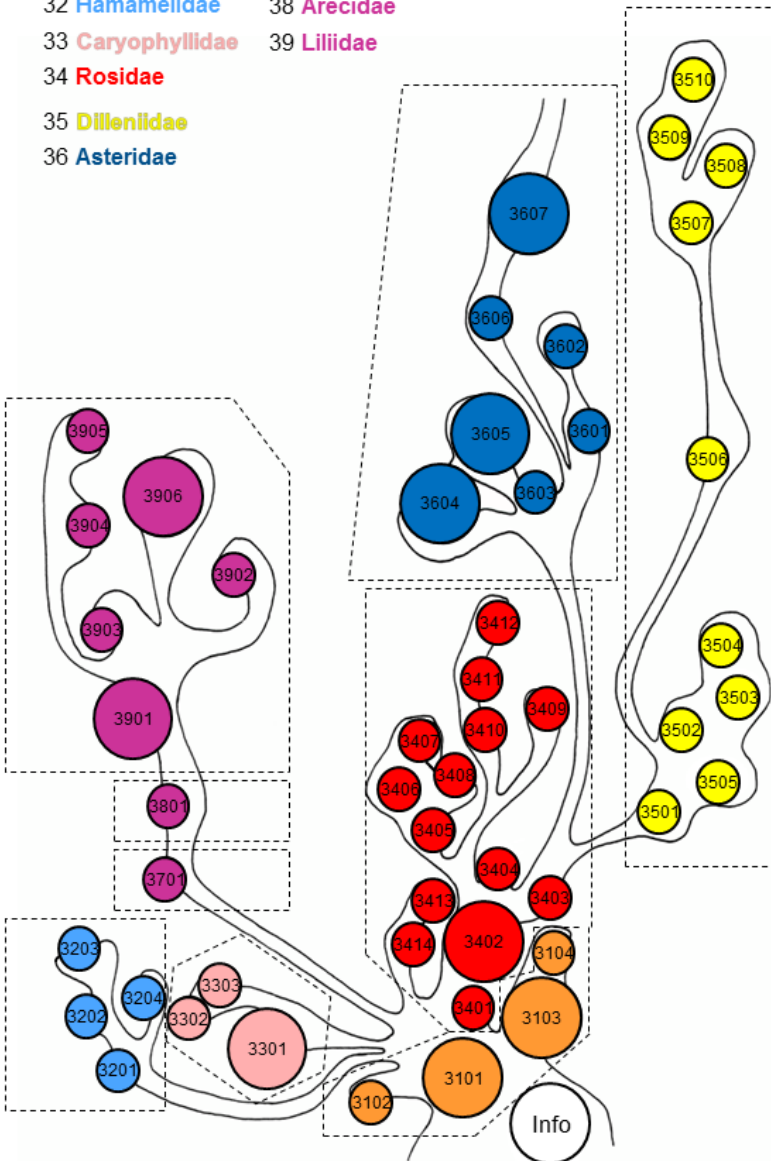
- 31 Magnoliidae
- 32 Hamamelidae
- 33 Caryophyllidae
- 34 Rosidae
- 35 Dilleniidae
- 36 Asteridae

Monokotyledonen Unterklassen

- 37 Alismatidae
- 38 Arecidae
- 39 Liliidae

Ordnungen

- 3101 Magnoliales
- 3102 Aristolochiales
- 3103 Ranunculales
- 3104 Papaverales
- 3201 Trochodendrales
- 3202 Hamamelidales
- 3203 Fagales
- 3204 Urticales
- 3301 Caryophyllales
- 3302 Polygonales
- 3303 Plumbaginales
- 3401 Saxifragales
- 3402 Rosales
- 3403 Fabales
- 3404 Myrtales
- 3405 Rurales
- 3406 Sapindales
- 3407 Sapindales
- 3408 Geraniales
- 3409 Celastrales
- 3410 Oleales
- 3411 Rhamnales
- 3412 Elaeagnales
- 3413 Cornales
- 3414 Araliales
- 3501 Dilleniales
- 3502 Violales
- 3503 Capparales
- 3504 Salicales
- 3505 Cucurbitales
- 3506 Theales
- 3507 Malvales
- 3508 Euphorbiales
- 3509 Ericales
- 3510 Primulales
- 3601 Gentianales
- 3602 Dipsacales
- 3603 Polemoniales
- 3604 Scrophulariales
- 3605 Lamiales
- 3606 Campanulales
- 3607 Asterales
- 3701 Alismatales
- 3801 Arales/Arceales
- 3901 Liliales
- 3902 Zingiberales
- 3903 Iridales
- 3904 Juncales
- 3905 Cyperales
- 3906 Poales



Stammbaummodell

Die Aufgabe eines Systems ist, wie erwähnt, nicht nur die Ordnung und Klassifizierung der Lebewesen sondern vor allem die Darstellung ihrer Verwandtschaftsverhältnisse. Der Grundgedanke ist dabei folgender: Unter den heutigen Blütenpflanzen finden sich Pflanzenfamilien, die man als "ursprünglich" bezeichnen kann. Dazu gehören z.B. die Magnoliengewächse (Magnoliaceae) und - zumindest teilweise - die Hahnenfußgewächse (Ranunculaceae). Sie werden als ursprünglich bezeichnet, weil sie in vielen Merkmalen den vermuteten Ahnen der Blütenpflanzen gleichen. Dies zeigt sich im Stammbaummodell des Botanischen Gartens eindrucklich an den Blüten und Fruchtständen des an der Basis der Pfade stehenden Tulpenbaums und der ebenfalls dort wachsenden Magnolienarten. Eine Blüte wird definiert als endständiger Sprossabschnitt, dessen Blätter im Dienst der Fortpflanzung zu Blütenhüllblättern, Staubblättern und Fruchtblättern umgewandelt sind. Bei fast allen Blütenpflanzen ist diese Sprossachse so stark gestaucht, dass die umgewandelten verschiedenen Blütenorgane, d.h. Kelch-, Kron-, Staub- und Fruchtblätter, jeweils in Kreisen angeordnet stehen. Nur bei den sehr ursprünglichen Gruppen, zu denen auch die Magnoliengewächse (mit den verschiedenen Magnolienarten und dem Tulpenbaum) gehören, ist diese Sprossachse noch nicht gestaucht, so dass die Blütenorgane (z.B. die Staubblätter und Fruchtblätter) spiraling entlang der Blütenachse angeordnet sind und sogenannte Zapfenblüten bilden. Schauen Sie sich doch einmal Magnolien- und Tulpenbaumblüten bzw. deren Fruchtstände unter diesem Aspekt an. Magnolien finden Sie übrigens auch außerhalb des Systems der Blütenpflanzen in verschiedenen Bereichen des Botanischen Gartens.

Im Laufe der Evolution der Blütenpflanzen hat sich, in Anpassung an bestimmte Bestäubungsstrategien, vor allem die Gestalt der Blüten geändert. Bei den Magnoliengewächsen und vielen ihrer Verwandten werden die Blüten noch von vielen verschiedenen Insektenarten besucht und bestäubt, was zur Folge hat, dass die Blüten nur wenig



Immergrüne Magnolie
(*Magnolia grandiflora*)

spezialisiert sind. Bereits bei einer Reihe von Hahnenfußgewächsen (Ranunculaceen) oder bei den Schmetterlingsblütlern (Fabaceen) finden sich dagegen spezielle "Hummelblumen" (z.B. Akelei, Rittersporn, Rotklee) oder "Bienenblumen" (z.B. Lerchensporn, und viele Schmetterlingsblütler). Dies bedeutet, dass Form und Farbe der Blüten stark an ihre jeweiligen Bestäuber angepasst sind, wie man es auch bei den Lippen- und Rachenblütlern (Lamiaceen und Scrophulariaceen) und anderen hochentwickelten Gruppen sehen kann. Auch bei den Einkeimblättrigen gibt es solche speziellen Tierblumen, z.B. die Zingiberales (Ingwerartigen) und die Orchideen.

Einen ganz anderen Weg ging die Evolution bei den Pflanzen, die im Laufe ihrer Entwicklungsgeschichte Anpassungen an die Bestäubung durch den Wind ausgebildet haben (wie schon bezüglich der heute aufgelösten Großgruppe der Hamamelidae erwähnt). Hier entstanden keine leuchtenden Blüten, sondern unscheinbare, in dichten Blütenständen (z.B. Kätzchen oder Ähren) zusammengefasste Blüten, deren Staubbeutel und Narben frei dem Wind ausgesetzt und sehr beweglich sind. Solche Blüten besitzen keine auffällige Färbung und weder Nektar noch Duft. Zwei Beispiele für diesen Weg der Evolution sind der Ast zu den Buchenartigen (Fagales), zu dem viele unserer heimischen Laubbäume gehören, wie Eiche, Buche, Birke, Erle, Hasel, Hainbuche, sowie der Entwicklungsast, der zu den ebenfalls windbestäubten Süßgräsern (Poales) führt.

Am "Ende" der jeweiligen Äste und Zweige des Stammbaums stehen immer diejenigen Pflanzenordnungen, die in ihrer Entwicklung am meisten in der jeweiligen Entwicklungslinie "fortgeschritten" sind. Dabei sind folgende Überlegungen für ein genaueres Verständnis wichtig:

Zum einen kann aus der Fülle der mehr als 300.000 bekannten lebenden Arten von Blütenpflanzen nur ein kleiner Teil gezeigt werden: rund 400 Arten und Sorten in 50 Rundbeeten, also nicht einmal 0,15 %. Ferner können aus praktischen Gründen viele Pflanzengruppen gar nicht gezeigt werden, z.B. Pflanzen der Tropen oder Pflanzen fließender Gewässer. Ein weiterer Aspekt ist zum Verständnis des Stammbaummodells von Bedeutung. Auch wenn man von den Lilienartigen (Liliales) auf dem "Entwicklungsweg" unmittelbar zu den Süßgräsern (Poales) "gehen" kann, heißt dies nicht, dass die heutigen Süßgräser von den heutigen Lilienartigen abstammen. Es bedeutet vielmehr, dass Pflanzen, die so ähnlich strukturiert waren wie die heutigen Lilienartigen, als

Vorfahren der heutigen Süßgräser gelten können. Man kann daher im Stammbaummodell die Süßgräser an die Lilienartigen anschließen. Ebenso wenig sind die heutigen Magnolienartigen (Magnoliales) die Ahnen aller übrigen Blütenpflanzen. Die wirklichen und heute längst ausgestorbenen Ahnen der heutigen Blütenpflanzen im engeren Sinne (= "Bedecktsamer" oder „Angiospermen“) waren Pflanzen, die ähnlich strukturiert waren wie die heutigen Magnolienartigen. Über die reale stammesgeschichtliche Herkunft der Angiospermen ist (bis heute) nur wenig bekannt. Sie treten in der Erdgeschichte als letzte große Pflanzengruppe vor ca. 150 Mio. Jahren auf, d.h. lange nach den Algen, den Farnpflanzen und den Nacktsamern. Vom geologisch-paläontologischen Gesichtspunkt aus gesehen handelt es sich bei den Angiospermen (Bedecktsamern) um eine relativ junge Pflanzengruppe. Vermutlich stammen sie von Formen ab, die in einigen Eigenschaften den heutigen Palmfarne (Cycadeen) ähnlich waren. Solche Palmfarne können Sie im Farnhaus des Botanischen Gartens besichtigen.

Vorstellung ausgewählter Pflanzen aus den Rundbeeten

Ehemalige Magnoliidae

Magnoliales (Magnolienartige): Magnolie, Tulpenbaum

// **Ehemalige Magnoliales: Gewürzstrauch** (heute in der Familie der Calycanthaceae zu den Laurales gestellt)

Ranunculales (Hahnenfußartige): Berberitze, Rittersporn, Adonisröschen, Akelei

Papaverales: Mohn, Goldmohn, Schöllkraut, Tränendes Herz (heute als Familie der Papaveraceae (Mohngewächse) zu den Ranunculales gestellt)

noch gültige
Ordnungen

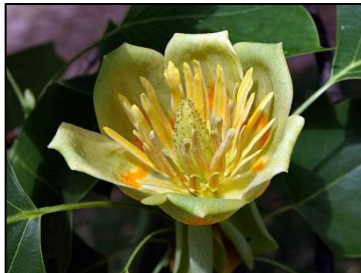
Inzwischen
aufgelöste
Ordnung



Purpur-Magnolie
(*Magnolia liliiflora*)

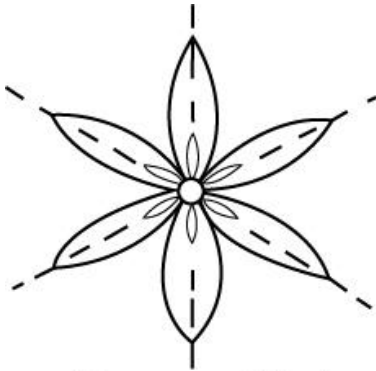


Stern-Magnolie
(*Magnolia stellata*)

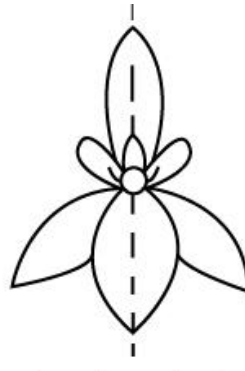


Amerikanischer Tulpenbaum
(*Liriodendron tulipifera*)

Viele Vertreter der Magnolienartigen (Magnoliales) und Hahnenfussartigen (Ranunculales) zeigen im Blütenbereich Übergänge von der schon erwähnten ursprünglichen Situation schraubiger, an einer langen Achse stehender Blütenteile bis hin zur einer abgeleiteten zyklischen Blütenstellung. So sind bei der Sternmagnolie sowohl die noch nicht in Kelch und Krone differenzierten Blütenhüllblätter als auch die Staub- und Fruchtblätter schraubig angeordnet. Beim Tulpenbaum dagegen stehen die Blütenhüllblätter bereits in Kreisen und auch die Staubblätter zeigen eine weitgehend kreisförmige Anordnung, während die Fruchtblätter noch schraubig an einer langen Achse stehen. Die Ranunculales zeigen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, bereits eine kreisförmige Stellung aller Blütenteile. Jedoch besitzen auch die Vertreter dieser Ordnung meist noch eine große unbestimmte Anzahl von Staub- und unverwachsenen Fruchtblättern, was ebenfalls als ursprüngliches Merkmal angesehen wird. Charakteristisch für die Magnoliales und den überwiegenden Teil der Ranunculales ist das Vorhandensein radiärsymmetrischer Blüten, d.h. von Blüten mit mehr als 2 Symmetrieebenen. Einige Arten der Ranunculales, wie z.B. der Rittersporn, besitzen in Anpassung an die Körperform ihrer tierischen Bestäuber jedoch bereits dorsiventrale Blüten mit nur einer Symmetrieebene.



**radiärsymmetrische
Blüte**



**dorsiventrale
Blüte**

Blütensymmetrien

Die gestrichelten Linien zeigen
die Symmetrieebenen der Blüten



Radiärsymmetrische Blüte
einer Sumpfdotterblume
(*Caltha palustris*,
Ranunculaceae)



Dorsiventrale Blüte
eines Rittersporns
(*Delphinium* sp.,
Ranunculaceae)

Trochodendrales: Radbaum, Vierspornbaum

Fagales (Buchenartige): Korkenzieherhasel, Steineiche

Hamamelidales: Zaubernuss, Scheinhasel (heute in der Familie der Hamamelidaceae (Zaubernussgewächse) zu den Saxifragales gestellt)

Urticales: Glaskraut (heute in der Familie der Urticaceae (Brennneselgewächse) zu den Rosales gestellt), **Feige** (heute in der Familie der Moraceae (Maulbeergewächse) zu den Rosales gestellt)

noch gültige
Ordnungen
inzwischen aufgelöste
Ordnungen

Unter den Trochodendrales finden sich Arten mit vielen ursprünglichen Merkmalen. Während sich die allermeisten Angiospermen durch den Besitz von Wasserleitbahnen auszeichnen, die aus sogenannten Gefäßen (oder „Tracheen“) bestehen, bilden die Gattungen *Tetracentron* (Vierspornbaum) und *Trochodendron* (Radbaum), die beide im Rundbeet der Trochodendrales zu finden sind, keine Gefäße aus.

Insgesamt fallen bei den Ordnungen der ehemaligen Hamamelidae vor allem die vielfältigen Anpassungen an die Windbestäubung auf. Charakteristisch hierfür sind das Auftreten in Massenbeständen, eine unscheinbare oder fehlende Blütenhülle, häufig getrenntgeschlechtliche Blüten (die entweder nur Staubblätter oder nur Fruchtblätter besitzen), die Zusammenfassung der Blüten zu (häufig) kätzchenförmigen Blütenständen und große Pollenmengen, die bei Heuschnupfenkranken allergische Attacken auslösen können. Schauen Sie sich doch einmal im Frühjahr die Blüten unserer häufigsten heimischen Laubbäume unter diesem Aspekt an. Wie schon erwähnt weiß man heute, dass diese Anpassungen an die Windbestäubung mehrfach unabhängig in der Evolution entstanden sind, weshalb die Gruppe der Hamamelidae inzwischen auch aufgelöst worden ist.



Vierspornbaum
(*Tetracentron sinense*)



Radbaum
(*Trochodendron aralioides*)

Caryophyllales (Nelkenartige): Nelken, Kermesbeere, Mittagsblume, Brandschopf, Fuchsschwanz, Feigenkaktus

noch gültige
Ordnung

Polygonales: Knöterich, Zierrhabarber, Muehlenbeckia (heute als Familie der Polygonaceae (Knöterichgewächse) zu den Caryophyllales gestellt)

inzwischen aufgelöste
Ordnungen

Plumbaginales: Strandflieder, Grasnelke, Bleiwurz (heute als Familie der Plumbaginaceae (Bleiwurzgewächse) zu den Caryophyllales gestellt)

Die Blüten dieser Gruppen sind unterschiedlich gestaltet, da sie sowohl von Insekten bestäubt als auch vom Wind bestäubte Arten beinhalten. Zur Ordnung der Caryophyllales gehören zudem Arten, die an extreme Trockenheit angepasst sind und sich durch ihre besondere Fähigkeit zur Wasserspeicherung in Sprossen (=Sprosssukkulente) oder Blättern (=Blattsukkulente) auszeichnen. Zu dieser Ordnung gehören neben den sprosssukkulenten Kakteen aus den Trockengebieten Amerikas in der Familie der Cactaceae auch die blattsukkulenten Mittagsblumengewächse in der Familie der Aizoaceae, deren Verbreitungsschwerpunkt in den Trockengebieten des südlichen Afrikas liegt. Im Rundbeet der Caryophyllales werden u.a. einige in unseren Breiten winterharte Feigenkaktus-Arten gezeigt (*Opuntia ficus-indica*, *Opuntia leucotricha*, *Opuntia subulata*).



Feigenkaktus
(*Opuntia leucotricha*)



Mittagsblume
(*Delosperma cooperi*)



Amerikanische Kermesbeere
(*Phytolacca americana*)



Silber-Brandschopf
(*Celosia argentea*)



Gartenfuchsschwanz
(*Amaranthus caudatus*)

Saxifragales (Steinbrechartige): **Bergenie, Fetthenne**

// **Ehemalige Saxifragales: Hortensie, Kirengeshoma** (heute in der Familie der Hydrangaceae (Hortensienengewächse) zu den Cornales gestellt)

Rosales (Rosenartige): **Apfel, Kirsche, Rose, Fingerkraut, Nelkenwurz, Faulbaum**

Fabales (Hülsenfrüchtler): **Goldregen, Stechginster, Lupine, Judasbaum**

Myrtales (Myrtenartige): **Myrte, Fuchsie, Blutweiderich, Weidenröschen**

Celastrales (Spindelbaumartige): **Pfaffenhütchen**

Sapindales (Seifenbaumartige): **Ahorn**

Geraniales (Storchenschnabelartige): **"Geranie"**

// **Ehemalige Geraniales: Kapuzinerkresse** (heute in der Familie der Tropaeolaceae (Kapuzinerkressengewächse) zu den Brassicales gestellt)

noch gültige Ordnungen

Cornales (Hartriegelartige): **Hartriegel** (heute in die Großgruppe der Asteriden gestellt)

Oleales: Forsythie, Flieder, Ölbaum (heute als Familie der Oleaceae (Ölbaumgewächse) zu den Lamiales in der Großgruppe der Asteriden gestellt)

Araliales: Sterndolde, Sanikel (heute in der Familie der Apiaceae (Doldenblütler) zu den Apiales in der Großgruppe der Asteriden gestellt), **Zimmeraralie** (heute in der Familie der Araliaceae (Aralien-gewächse) ebenfalls zu den Apiales gestellt)

noch gültige Ordnung

inzwischen aufgelöste Ordnungen

Bei den meisten dieser früher in den Rosidae zusammengefassten Ordnungen besitzen die Blüten eine doppelte Blütenhülle, d.h. sie sind in Kelch (grüne, die Blütenknospe umhüllende Blätter) und Krone (bunte "eigentliche" Blütenblätter) gegliedert. Die Blüten der Saxifragales (Steinbrechartigen) und Rosales (Rosenartigen) sind fast immer radiärsymmetrisch, und die einzelnen Teile der Blüte (Kelch-, Blüten-, Staub- und Fruchtblätter) sind in der



Rispe einer Hortensie
(*Hydrangea paniculata* 'Grandiflora')

Regel frei oder nur wenig verwachsen. In diesen beiden Ordnungen finden sich viele wichtige Nutz- und Zierpflanzen wie Stachelbeere, Johannisbeere, Hortensie (Steinbrechartige), Erdbeere, Himbeere, Brombeere, Apfel, Birne, Kirsche, Pflaume, Pfirsich, Mandel, Rose und Spierstrauch (Rosenartige).

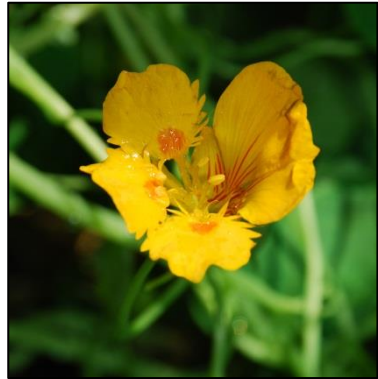
Bei vielen Rosensorten haben sich durch Mutationen Staubblätter in Kronblätter umgewandelt. Hierdurch entstehen die beliebten gefüllten Blüten. Diese Umbildungen werden im Rundbeet der Rosales nicht gezeigt, aber Sie können sie ausführlich im Rosenbeet beim Ausgang zum Hauptgebäude der Biologie an der Schänzlestrasse sehen. Dort finden Sie Wildarten der Rose sowie Sorten mit halbgefüllten und vollständig gefüllten Blüten.

Die zu der Familie der Fabaceae (Hülsenfrüchtler, auch Leguminosen genannt) in der Ordnung der Fabales (Schmetterlingsblütenartige) gehörenden Arten besitzen dagegen charakteristische dorsiventrale Schmetterlingsblüten, die meist in traubenartigen Blütenständen zusammen stehen. Zu den Fabaceae gehören viele Nutzpflanzen, deren Früchte (die Hülsen) bzw. Samen wichtige Nahrungsmittel sind, wie z.B. Bohnen, Erbsen, Linsen, Sojabohne, Erdnuss, Klee und Luzerne.

Die Blüten der zu den Doldenblütlern zählenden Apiaceae (Doldengewächse, z.B. Sterndolde, Bärenklau) sind zu besonders typischen Blütenständen, den namengebenden Dolden, zusammengefasst.



Rote Nelkenwurz
(*Geum coccineum*)



Kleine Kapuzinerkresse
(*Tropaeolum minus*)



Nuttalls Blüten-Hartriegel
(*Cornus nuttallii*)

Cucurbitales (Kürbisartige): Saatgurke, Spritzgurke, Kürbis

Ericales (Heidekrautartige): Rhododendron, Heidekraut, Heidelbeere

Malvales (Malvenartige): Stockmalve, Hibiskus

Violales: Zistrose, Sonnenröschen (heute in der Familie der Cistaceae (Zistrosengewächse) zu den Malvales gestellt), **Veilchen** (heute in der Familie der Violaceae (Veilchengewächse) zu den Malpighiales gestellt)

Capparales: Schleifenblume, Goldlack (heute in der Familie der Brassicaceae (Kreuzblütler) zu den Brassicales gestellt), **Garten-Resede** (heute in der Familie der Resedaceae (Resedagewächse) zu den Brassicales gestellt)

Primulales: Primel, Alpenveilchen (heute in der Familie der Primulaceae (Primelgewächse) zu den Ericales gestellt)

Salicales: Weide (heute in der Familie der Salicaceae (Weidengewächse) zu den Malpighiales gestellt)

Euphorbiales: Wolfsmilch (heute in der Familie der Euphorbiaceae (Wolfsmilchgewächse) zu den Malpighiales gestellt), **Sarcococca** (heute in der Familie der Buxaceae (Buchsbaumgewächse) zu den Buxales gestellt)

Dilleniales: Pfingstrose, Strauchpäonie (heute in der Familie der Paeoniaceae (Pfingstrosengewächse) zu den Saxifragales gestellt)

noch gültige
Ordnungen

inzwischen aufgelöste Ordnungen

Bei den Ordnungen der ehemaligen Dilleniidae finden sich eine Reihe der schon angesprochenen Evolutionstrends wieder. Neben freikronblättrigen Arten mit radiärsymmetrischen Blüten, (z.B. Pfingstrosen) und mit dorsiventralsymmetrischen Blüten (z.B. Veilchen) gibt es auch Arten mit verwachsenen Blüten- und/oder Kelchblättern wie die Kürbis-, Heidekraut- und Schlüsselblumengewächse. Von Pfingstrosen existieren - wie von den Rosen - viele gefüllte Sorten. Die Blüten der Wolfsmilcharten sind meist stark reduziert und zu typischen grünlichen Blüten-

ständen zusammengefasst. In der zu den ehemaligen Capparales (heute Brassicales) gehörenden Familie der Kreuzblütler (Brassicaceae) finden sich viele einjährige Ackerunkräuter und wichtige Nutzpflanzen, wie z.B. Rettich, Radieschen, Rüben, Senf, Meerrettich sowie die verschiedenen Kohl-Arten und -Sorten. Heute weiß man v.a. aufgrund molekularbiologischer Untersuchungen, dass die Dilleniidae polyphyletisch sind. Das heißt, dass die Merkmale, aufgrund derer sie früher einmal zusammengefasst wurden, mehrfach unabhängig in der Evolution entstanden sind und nicht auf direkter Verwandtschaft beruhen. Deshalb wurde diese Gruppe, wie auch die der Hamamelidae, inzwischen aufgelöst. Sie finden die zu den ehemaligen Dilleniidae gehörenden und im gepflanzten Stammbaummodell gelb markierten Gruppen ebenfalls gelb markiert in der Übersichtstafel zum aktuellen Stammbaum in unterschiedlichen Entwicklungsästen wieder.



Zweidrüsen-Wolfsmilch
(*Euphorbia rigida*)



Roseneibisch
(*Hibiscus syriacus*)



Pfingstrose
(*Paeonia tenuifolia*)



Blaue Kugelprimel
(*Primula denticulata*)

Gentiales (Enzianartige): Oleander, Enzian, Immergrün

// **Ehemalige Gentiales: Sommerflieder** (heute in der Familie der Scrophulariaceae (Braunwurzgewächse) zu den Lamiales gestellt)

Dipsacales (Kardenartige): Schneeball, Weigelia, Witwenblume

Lamiales (Lippenblütler): Lavendel, Salbei, Ziest

Asterales (Korbblütler): Artischocke, Chrysantheme, Ringelblume, Wegwarte

Scrophulariales: Akanthus (heute in der Familie der Acanthaceae (Akanthusgewächse) zu den Lamiales gestellt), **Wegerich, Löwenmäulchen, Fingerhut, Ehrenpreis** (heute in der Familie der Plantaginaceae (Wegerichgewächse) zu den Lamiales gestellt), **Königskerze** (heute in der Familie der Scrophulariaceae (Braunwurzgewächse) zu den Lamiales gestellt), **Tomate, Ziertabak** (heute in der Familie der Solanaceae (Nachtschattengewächse) zu den Solanales gestellt), **Trompetenblume** (heute in der Familie der Bignoniaceae (Trompetenbaumgewächse) zu den Lamiales gestellt).

Campanulales: Glockenblume, Lobelia (heute in der Familie der Campanulaceae (Glockenblumengewächse) zu den Asterales gestellt)

Polemoniales: Sternwinde (heute in der Familie der Convolvulaceae (Windengewächse) zu den Solanales gestellt), **Phlox** (heute in der Familie der Polemoniaceae (Sperrkrautgewächse) zu den Ericales gestellt), **Heliotrop** (heute in der Familie der Boraginaceae (Raublattgewächse) zu den Boraginales gestellt)

noch gültige Ordnungen

inzwischen aufgelöste Ordnungen

Innerhalb dieser Gruppen mit vielen abgeleiteten (hoch entwickelten) Merkmalen sind insbesondere hochspezifische Anpassungen an die Bestäubung durch Tiere zu finden. Bei einigen Gruppen wie z.B. den Lippenblütlern betrifft dies die Gestalt von auffälligen Einzelblüten. Häufig sind sie durch bestimmte Formen und Farben sowie durch die unterschiedliche Länge ihrer Kronröhren stark an bestimmte Bestäuberarten angepasst. Der Nektar ist tief am Grund dieser Kronröhren verborgen und kann nur durch ein Tier mit einem entsprechend langen Saugrüssel bzw. Schnabel oder einer langen Zunge erreicht werden.

Durch diese spezifischen Anpassungen wird die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass ein Nektar suchendes Insekt oder ein Vogel nach dem Blütenbesuch zu einer weiteren Blüte derselben Art weiterfliegt und diese dann bestäubt wird. Zu der Familie der Lamiaceae (Lippenblütler) gehören zudem viele Arten, die wegen ihrer ätherischen Öle als Küchen- und Heilkräuter beliebt sind (z.B. Majoran, Salbei, Rosmarin, Minze, Basilikum).

Anderen Gruppen dagegen „verfolgen“ eine ganz andere Strategie. Sie bilden „Scheinblüten“ aus, sogenannte Pseudanthien, bei denen viele kleine relativ unscheinbare Einzelblüten eng gruppiert sind. Diese „ahmen“ gemeinsam eine Blüte nach und erhöhen so ihre Attraktivität für die Bestäuber. Ein weiterer Vorteil entsteht dadurch, dass von einem blütenbesuchenden Tier viele der eng gruppierten kleinen Blüten auf einmal bestäubt werden können. Besonders eindrucklich zeigt sich dies bei den Korbblütlern (Asteraceae), die zu den „fortschrittlichsten“ Gruppen der Blütenpflanzen gezählt werden. So besteht ein Gänseblümchen nicht etwa aus einer Blüte, sondern vielmehr aus hunderten Einzelblüten. Diese sind unterschiedlich gestaltet. Die auffälligeren äußeren Blüten sind weiß und zungenförmig und dienen der Anlockung von Bestäubern, die winzigen inneren Blüten dagegen gelb und röhrenförmig und dienen der Frucht- und Samenbildung. Es gibt auch Korbblütler, bei denen die Scheinblüte nur aus zungenförmigen Blüten oder nur aus röhrenförmigen Blüten gebildet wird. Schauen Sie sich doch einmal eine Sonnenblume, Artischocke, Margerite oder Löwenzahn-„Blüte“ unter diesem Aspekt an.



Sternwinde
(*Ipomoea lobata*)



Artischocke
(*Cynara cardunculus*)

Monokotyle (= Einkeimblättrige, früher „Liliatae“)

Alismatales (Froschlöffelartige): Froschlöffel, Schwanenblume, Gewöhnliches Pfeilkraut

Arecales (Palmenartige): Zwergpalme, Chinesische Hanfpalme

Liliales (Lilienartige): Herbstzeitlose, Lilie, Tulpe

// **Ehemalige Liliales: Lauch, Schneeglöckchen, Narzisse** (heute in der Familie der Amaryllidaceae (Amaryllisgewächse) zu den Asparagales gestellt), **Traubenhyazinthe, Funkie, Blaustern, Spargel** (heute in der Familie der Asparagaceae (Spargelgewächse) ebenfalls zu den Asparagales gestellt)

Zingiberales (Ingwerartige): Blumenrohr, Banane

Poales (Süßgräser): Chinaschilf, Blaustrahlhafer, Pfahlrohr

Arales: Aronstab (heute in der Familie der Araceae (Aronstabgewächse) zu den Alismatales gestellt)

Iridales: Gladiole, Schwertlilie (heute in der Familie der Iridaceae (Schwertliliengewächse) zu den Asparagales gestellt)

Juncuales: Simse, Binse (heute in der Familie der Juncaceae (Binsengewächse) zu den Poales gestellt)

Cyperales: Seggen (heute in der Familie der Cyperaceae (Sauergrasgewächse) zu den Poales gestellt)

noch gültige Ordnungen

inzwischen aufgelöste Ordnungen

Ehemalige Liliatae

Die Entwicklungslinie der Monokotylen (Einkeimblättrige) hat sich wahrscheinlich schon früh von den anderen Entwicklungslinien der Blütenpflanzen getrennt. Die Monokotylen unterscheiden sich von den verschiedenen Gruppen der Dikotylen (Zweikeimblättrigen) durch eine Reihe von Merkmalen. Sie bilden nur ein Keimblatt aus (statt zwei), sie können kein Holz bilden (wozu die Zweikeimblättrigen zumindest ursprünglich in der Lage sind), ihr Wurzelsystem besteht aus gleichartigen Wurzeln (im Gegensatz zu dem meist aus Haupt- und Nebenwurzeln aufgebauten Wurzelsystem der Zweikeimblättrigen) und ihre Blüten sind meist 3zählig (d.h. die Blütenorgane sind jeweils dreifach oder

in einer durch 3 teilbaren Anzahl vorhanden, im Gegensatz zu den meist 4- oder 5zähligen Blüten der Zweikeimblättrigen). Ein einfaches Merkmal, an dem die meisten Einkeimblättrigen auf ersten Blick zu erkennen sind, ist der typische Verlauf ihrer Blattnerven. Während die Blattnerven bei den Zweikeimblättrigen verzweigt und netzartig ausgebildet sind, verlaufen sie bei vielen Einkeimblättrigen parallel. Hiervon gibt es nur sehr wenige Ausnahmen, z.B. bei den Aronstabgewächsen. Schauen Sie sich doch einmal die Parallelnervatur bei den Schwertlilien, Narzissen, Tulpen oder den Gräsern an.

Die zum Verständnis der verschiedenen Entwicklungstendenzen wichtigsten Ordnungen werden in acht Rundbeeten vorgestellt. Die Palmenartigen sind eine besondere Gruppe, die trotz der fehlenden Fähigkeit zur Holzbildung Baumformen hervorgebracht hat.

Insgesamt treten bei den Einkeimblättrigen in analoger Weise viele Evolutionstrends auf, die bereits bei den verschiedenen Gruppen der Zweikeimblättrigen besprochen wurden. Im Folgenden werden einige dieser "Trends" kurz vorgestellt.

Die Froschlöffelartigen (Alismatales) sind eine sehr ursprüngliche Gruppe der Einkeimblättrigen. Während bei den Alismatales die Blütenblätter immer unverwachsen bleiben, können bei den Liliales und Asparagales alle Übergänge von freiblättrigen (z.B. Madonnenlilie) bis hin zu verwachsenblättrigen Formen (z.B. Salomonssiegel, Traubenhyazinthe) verfolgt werden. Die Zingiberales schließlich besitzen überwiegend verwachsene Blütenblätter.

Bezüglich der Blütensymmetrie sind ebenso sämtliche Möglichkeiten verwirklicht. Die Alismatales, sowie bestimmte Liliales (z.B. Tulpe) und Asparagales (z.B. Lauch oder Krokus) haben radiärsymmetrische Blüten. Andere Vertreter der Asparagales, wie die verschiedenen Gladiolenarten, sowie alle Zingiberales und die nicht im System ausgepflanzten Orchidales (Orchideenartige) besitzen dagegen dorsiventralsymmetrische Blüten.

Die Poales (Süßgräser) - heute inklusive der Binsengewächse (Juncaceae, früher eigene Ordnung der Juncales) und Sauergräser (Cyperaceae, früher eigene Ordnung der Cyperales) - zeigen viele typische Anpassungen an die Bestäubung durch den Wind. Zu den Süßgräsern gehören einige der wichtigsten Nutzpflanzen der Erde, wie Reis, Weizen, Gerste, Roggen, Hirse und Mais.

Bei den bisher vorgestellten tierbestäubten Pflanzen wirken entweder die Einzelblüten oder die aus vielen unscheinbaren Einzelblüten aufgebauten Blütenstände (bei den Korb- und Doldenblütlern) als optische und damit bestäubungsbiologische Einheit. Eine andere Möglichkeit ist die Auflösung der Einzelblüten in mehrere voneinander unabhängige bestäubungsbiologische Einheiten. Sie ist bei der Gattung *Iris* realisiert. Eine *Iris*-Blüte besteht aus drei, jeweils von einem Blütenblatt, einem Staubblatt und einem blütenblattähnlich gestalteten Griffelast gebildeten Einheiten - d.h. eine einzelne *Iris*-Blüte ist in drei optisch jeweils als eigene Blume wirkende Bereiche unterteilt.



Kleine Netzblatt-Iris
(*Iris reticulata*)



Schwertlilie, Blüte mit drei jeweils als "Blume" wirkenden Blütenbereichen (*Iris germanica*)



Gewöhnliches Pfeilkraut
(*Sagittaria sagittifolia*)



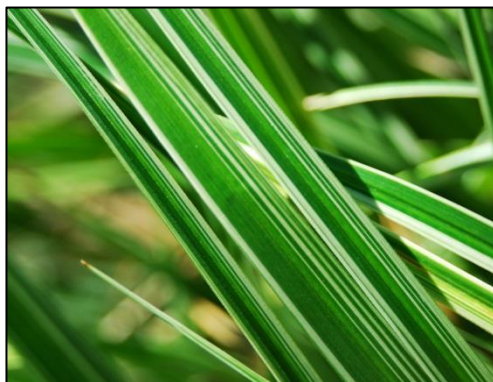
Indisches Blumenrohr
(*Canna indica*)



Morgenstern-Segge
(*Carex grayi*)



Chinaschilf
(*Carex morrowi*)



Blatt einer Japan-Segge (*Carex morrowi*)
mit typischer Parallelnervatur

Herausgegeben vom Botanischen Garten der Albert-Ludwigs-
Universität Freiburg i. Br.

Direktor: Prof. Dr. Thomas Speck

Text: Friederike Gallenmüller & Thomas Speck

Layout & Herstellung: Katja Stauffer

2. Auflage 2017, vollständig überarbeitet und erweitert

