Pflanzenvielfalt – ein Spiel mit Formen

Peer Schilperoord

Pflanzenvielfalt – ein Spiel mit Formen

Broschüre zur gleichnamigen Wanderausstellung

Peer Schilperoord

Inhalt

4 Kurzanleitung

5 Einleitung | Pflanzenvielfalt – ein Spiel mit Formen

7 Verwandlungskünste | Die Pusteblume

Tafel 2*
8 Klatschmohn | Zierliche Blattreihe

Tafel 3
10 Schlafmohn | Von Gegensätzen

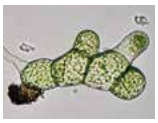
13 Leben und Sterben | Wachstum in die Horizontale und in die Vertikale

Tafel 4
14 Lebermoose | Erste Landpflanzen

Tafel 5
16 Getreide | Letzte Landpflanzen

19 Stäuben | Der Wind und die Pflanzen

Tafel 6
20 Blütenstaub | Sporen und Pollen

Tafel 7 
22 Im Pollenkorn | Von halbe und ganzen Pflänzchen

25 Generationenwechsel | Phasen im Leben eines Organismus

Tafel 8
26 Die Einjährige | Erstes Modell

Tafel 9
30 Blattreihen | Neu sortiert

Tafel 10
32 Die Mehrjährige | Zweites Modell

* Tafelnummern im Inhaltsverzeichnis bzw. als Fussnoten in der Borschüre verweisen auf die Ausstellung

35 Modelle | Chancen und Risiken

Tafel 11 36 Ein Blatt – zwei Gestalten | Schuppen- oder Stängelblatt

Tafel 12 40 Zweigknospe | Ein geschützter Raum

Tafel 13 42 Geburt des Blattes | Alles schon da

Tafel 14 44 Entrollen des Blattes | Blattfarne

Tafel 15 46 Lebens- und Metamorphosenzyklus | Ewiger Kreislauf

49 Polaritäten | Neues entsteht

Tafel 16 50 Einfach und komplex | Ein Spiel mit Formen

53 Nachwort | Weiterentwicklung der Pflanzenmodelle

54 Literatur

55 Bildnachweis

56 Dank

56 Impressum

Broschüre und Ausstellung
Eine Kurzanleitung

Die vorliegende Broschüre «Pflanzenvielfalt – ein Spiel mit Formen» ist als Begleitbroschüre zur gleichnamigen Ausstellung entstanden. In der Broschüre sind sämtliche Bilder und Texte der Ausstellung enthalten.

Die Broschüre ist ergänzt mit einer Einleitung und einem Nachwort. Weiter finden sich, eingeschoben zwischen den Themenseiten, die der Ausstellung entsprechen, kurze Zwischenkapitel. Sie erweitern und vertiefen die Ausstellung und zeigen ihren grossen thematischen Bogen. Ein Literaturverzeichnis rundet die Broschüre ab.

Die Broschürenseiten, die sämtliche Inhalte der Ausstellungstafeln wiedergeben, verweisen in ihren Fusszeilen auf die Nummer der entsprechenden Ausstellungstafel.

Sie können also die grossen Bilder auf den Tafeln der Ausstellung geniessen oder – wenn diese gerade nicht verfügbar ist – sich mithilfe dieser Broschüre gemütlich zu Hause in das vielseitige Thema vertiefen.

Einleitung

Pflanzenvielfalt – ein Spiel mit Formen

Die Pflanze hat eine Gestalt, «mit der die Natur gleichermassen nur immer spielt und spielend das mannigfaltige Leben hervorbringt.»

J. W. von Goethe, 1986

Die Vielfalt der Pflanzenwelt ist verwirrend gross. Wie kann man die Welt der Pflanzen verstehen? Wie findet man sich zurecht in ihrer grossen Formenfülle? Wie schafft es die Pflanze, mit einigen wenigen Organen eine so grosse Formenvielfalt spielend hervorzuzaubern? Gibt es da gewisse Spielregeln, wonach sie sich richtet?

Die Menschen stellen sich diese Fragen noch nicht so lange. Die moderne Botanik, die die Gestalt der Pflanze zu verstehen sucht, gibt es seit 1790. In jenem Jahr veröffentlichte Johann Wolfgang von Goethe seinen «Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären». Die Arbeit erschien 27 Jahre später ein zweites Mal mit dem einfacheren Titel «Die Metamorphose der Pflanzen». In dieser Zeit entstanden an mehreren Orten in Europa botanische Gärten. In den Orangerien zeigte man die neuesten exotischen Funde. Die Gärten sollten den Besuchern die Vielfalt, nach den neuesten Erkenntnissen der verwandtschaftlichen Beziehungen, zeigen.

Faszinierend an der Pflanze ist, dass sie ihre Gestalt ständig ändert. Die Pflanzen leben im Wandel der Gestalt. Man sieht sie, berührt sie, sie sind da, aber nach einiger Zeit sehen sie wieder anders aus. Ein immerwährendes Entstehen und Vergehen, die Gestalt als Durchgangsstadium. Das Leben einer Pflanze kann zeitlich unbegrenzt sein. Am Boden kriechende Pflanzen können ewig leben, vorne wachsend, hinten absterbend.

Tiere haben eine klar umrissene Gestalt. Manche Tiere können ihre Gestalt verwandeln, metamorphosieren. Die bekannteste Metamorphose ist wohl jene von der Raupe zum Schmetterling. Die Raupe, die sich von Blättern ernährt, verwandelt sich zum Nektar saugenden Schmetterling. Im Übergangsstadium, in der Puppe, löst sich ein Teil der Organe, ein Teil der Muskulatur der Raupe auf. Gleichzeitig entstehen neue Organe: Flügel, Fühler, eine Rollzunge, eine neue Muskulatur. Diese Metamorphose braucht nur wenige Tage, dann schlüpft der Schmetterling aus der Haut der Puppe, entfaltet die Flügel, lässt sein altes Blattleben hinter sich und begrüsst die Blüte.

Die Pflanze kennt auch eine Metamorphose, vom grünen Zweig zur Blüte. Sie hat bei der Knospenbildung die Wahl, sie kann aus einer Knospe einen Zweig hervorgehen lassen oder eine Blüte. Ob aus einer Knospe ein Zweig oder eine Blüte hervorgehen wird, entscheidet die Pflanze im Moment der Knospenbildung. Sie kann ihre Blätter, sobald sie gebildet sind, nicht zurücknehmen und durch andere ersetzen. Wie schafft es die Pflanze, an den grünen Zweigen Blüten hervorzubringen? Das ist die Frage, die Goethe sich stellte, die sich später lebende Botaniker stellten und die heute immer noch gestellt und unterschiedlich beantwortet wird.

In dieser Broschüre greifen wir die Grundbegriffe auf, die wir in der Schule kennengelernt haben, um die Gestalt der Pflanze zu beschreiben. Dort lernten wir, aus welchen Organen sich eine Pflanze zusammensetzt. Das ist für den Anfang wichtig. Die Ausstellung zeigt zusätzlich die verborgenen Zusammenhänge zwischen den Organen, zwischen den Blütenorganen und der grünen Pflanze. Das Vergleichen verlangt vom Leser eine gewisse Beweglichkeit im Vorstellen, aber es ist gerade diese Beweglichkeit, die die Pflanze uns vorlebt und durch die wir die Pflanze schlussendlich verstehen lernen. Verstehen heisst nachvollziehen. Die Pflanze lehrt uns, beweglich zu sein in unserem Vorstellen, in unserem Denken.

Verwandlungskünste

Die Pusteblume

Für viele Menschen ist die pflanzliche Gestalt ein Buch mit sieben Siegeln. In der Schule hat man die verschiedenen Organe kennengelernt. Später ist man schon zufrieden, wenn man weiss, wie eine Pflanze heisst.

Wie die Blüte aufgebaut ist, die man gerade in der Hand hält und liebevoll betrachtet, das überlässt man lieber den Spezialisten. Beim Tier ist es einfacher, eindeutiger. Die Organe sind klar erkennbar, Nase, Ohren, Augen, Pelz, Zähne usw. Die Pflanze ist in ihrer Grundgestalt zwar einfacher gebildet als das Tier, trotzdem verwirrt sie. Ich bezeichne sie daher als eine Meisterin des Verschleierns. Sie kann mit ihren Formen spielen. Sie kann ein Blatt aussehen lassen wie einen Zweig oder einen Stängel wie ein Blatt. Stängelblätter können gar aussehen wie Blütenblätter.

Nehmen wir als Beispiel den Löwenzahn. Sobald der Löwenzahn verblüht ist, nennen wir ihn Pusteblume. Der Laie sieht, wenn er pustet, Samen mit Schirmchen, die vom Wind fortgetragen werden. Der Botaniker sieht, wie eine Frucht mit Samencharakter und mit zu Pappus umgebildeten Kelchblättern davongetragen wird. Beide sehen das Gleiche, beide verwenden andere Begriffe und beide haben recht.

Es kommt auf die Blickrichtung an, wie man was bezeichnet. Für die Pflanze ist es einerlei, wie sie beschrieben wird. Vermutlich hat sie es auch gern, wenn man sie neugierig betrachtet, ohne sich um Begriffe zu kümmern.

Das Beispiel zeigt die Verwandlungskünste der Pflanze, sie kann Früchte samenartig erscheinen lassen und Kelchblätter wie schön durchgestaltete Haare. Es ist ein Spiel mit Formen. Wie ist es zum Spiel gekommen und welche sind die Spielregeln? Der Klatschmohn und der Schlafmohn führen in das Thema des Gestaltwandels ein.

Klatschmohn

Zierliche Blattreihe

Zwei Fragen stehen am Anfang der Botanik

- Wie schafft es die Pflanze, mit ein paar wenigen Organen eine so grosse Vielfalt an Formen hervorzubringen?
- Wie wirkt die Pflanze auf mich?

Gestaltwandel

Die Pflanze schreitet in ihrer Entwicklung von Gestalt zu Gestalt weiter, mal langsamer, mal schneller. Wachstum ist Gestaltwandel. Diesen Wandel nennen wir Metamorphose.

Langsam und schnell

Die Blattreihe (unten) zeigt, wie die Stängelblätter des Klatschmohns nacheinander – von der Keimpflanze bis zur blühenden Pflanze – in Erscheinung treten. Die Formunterschiede zwischen den aufeinanderfolgenden Blättern sind nicht sehr gross. Der Gestaltwandel vollzieht sich allmählich und langsam.
Ganz anders ist es bei den Blütenblättern. Die Unterschiede zwischen den grünen Kelchblättern, den grossen roten und zarten Kronblättern und den feinen Staubblättern können kaum grösser sein. Der Gestaltwandel der Blattorgane vom Kelch- zum Kronblatt und weiter zum Staubblatt vollzieht sich schnell und sprunghaft.

Blühender Klatschmohn wächst am Rande eines Parkplatzes. Die jungen, grünen Blütenknospen sind nach unten geneigt, die geöffneten Blüten schauen nach oben.

Blattreihe der Stängelblätter des Klatschmohns
Die Metamorphosereihe veranschaulicht die Vielfalt der Blattformen des Klatschmohns und wie die Blattgestalt vom einen zum nachfolgenden Blatt schrittweise ändert.

Eine Klatschmohnblüte öffnet sich.
Die beiden grünen Kelchblätter werden dabei auseinandergedrückt und fallen bald ab.

Die geöffnete Klatschmohnblüte zeigt vier Kronblätter und viele Staubblätter. Die noch junge gelbliche Mohnkapsel ist im Zentrum der Blüte zu sehen.

Schlafmohn

Von Gegensätzen

Der Schlafmohn hat eine üppigere Gestalt als der Klatschmohn. Blätter, Blüten, Kapseln, alle sind kräftiger und grösser als beim zierlichen Klatschmohn.
Die Blattreihe einer Schlafmohnpflanze (unten) zeigt die klaren und festen Formen seiner Beblätterung.
Die Natur lebt von Gegensätzen. Die Blüte besteht einerseits aus den kurzlebigen, bald abfallenden Kron- und Staubblättern und andererseits bildet sie in ihrer Mitte eine junge Kapsel, die sich weiterentwickelt. Die männlichen Staubblätter und die weibliche Kapsel bilden die beiden Pole einer Polarität. Es braucht eine Polarität, damit ein Drittes, Neues – der Mohnsame – entstehen kann.

Schlafmohnblüte. Die Blüte hat die Neigung «abzuheben». Staubblätter umhüllen und verdecken die Sicht auf die junge Kapsel.

Blattreihe der Stängelblätter des Schlafmohns
Die Blattreihe des Schlafmohns zeigt den Gestaltwandel der Blattformen von den ersten Blättern der Keimpflanze bis zum letzten Blatt vor der Blüte.

Blühende Schlafmohnpflanzen stehen am Rande eines Getreidefeldes.

Eine Blütenknospe, gebildet von den beiden Kelchblättern.

Im Innern der hier aufgeschnittenen Blütenknospe liegt im Zentrum die junge Kapsel, umgeben von Staubblättern. Die Kronblätter füllen den Raum bis zu den alles umhüllenden Kelchblättern noch nicht aus.

Links Längsschnitt durch eine junge Kapsel, kurz nach der Befruchtung. Die ganz jungen, noch fast durchsichtigen Samen wachsen an den Zwischenwänden der Kapsel. Weisser Mohnsaft fliesst aus dem angeschnittenen Kapselgewebe.

Rechts Reife Schlafmohnkapsel, längs aufgeschnitten. Die grauschwarzen, reifen Samen haben sich von den Zwischenwänden gelöst. Kapselgrösse 4 cm.

Leben und Sterben

Wachstum in die Horizontale und in die Vertikale

Die Mohnpflanze strebt mit ihrer Wurzel zum Erdmittelpunkt und mit ihrem Stängel in die entgegengesetzte Richtung, zum Zenit. Ausläufer kann der Mohn nicht bilden. Als einjährige Pflanze ist der Mohn dem Tod geweiht. Sobald die Samen gebildet werden, stirbt die Pflanze ab. Sie kann sich nur über die Samenbildung vermehren und fortpflanzen.

Die allerersten Landpflanzen, die Lebermoose, dringen weder tief in den Boden ein, noch ragen sie hoch über die Erde hinaus. Sie besiedeln die Grenzfläche, die die Erde und die Atmosphäre bilden. Es sind Grenzgänger. Lebermoose können im Prinzip ewig leben, vorne wachsend, hinten absterbend. Das Lebermoosblatt bildet an seiner Unterseite feine Wurzelhaare. Diese dringen in die Erde ein und nehmen Feuchtigkeit und Nährstoffe auf. Die Oberseite, die dem Licht zugewandt ist, nimmt Kohlensäure auf und gibt Sauerstoff ab. Die Oberseite ist durch eine Wachsschicht vor dem Austrocknen geschützt.

Die kriechende Wuchsform ist ursprünglicher als die aufrechte Wuchsform. Einjährige, aufrecht wachsende Blütenpflanzen wie Mohn und Roggen gehören zu den letzten Pflanzen, die in der Geschichte der Evolution auftraten.

Die Unterschiede zwischen dem Brunnenlebermoos und dem Roggen sind gross. Lebermoose sind vorwiegend an feuchten Standorten zu finden. Einjährige Blütenpflanzen trifft man sowohl an feuchten Standorten an, als auch in regenarmen Steppen und Halbwüsten, wie beispielsweise Roggen, Weizen und Gerste. Wir fragen jetzt nicht nach den Unterschieden, sondern nach Gemeinsamkeiten. Was hat das Brunnenlebermoos mit dem Roggen gemeinsam? Was haben die allerersten Landpflanzen gemeinsam mit jenen Pflanzen, die zuletzt in der Evolution aufgetreten sind?

Lebermoose

Erste Landpflanzen

Die Landpflanzen stammen von Wasserpflanzen ab. Die ersten Landpflanzen waren Lebermoose. Mit den Wurzelhaaren dringen sie in den Boden ein und nehmen Wasser und Nährstoffe auf. Die Wurzelhaare befinden sich auf der Unterseite der Blattflächen. Mit den Blattflächen nehmen sie Licht und Luft auf. Die trockenen, leichten Sporen (S. 15) werden vom Wind verbreitet.

Die drei wichtigsten Organe einer Landpflanze sind:

- Wurzelhaare – die Pflanze wurzelt, verbindet sich mit dem Boden
- Blattfläche – die Pflanze bildet Flächen, spreitet
- Sporen – die Pflanze bildet Sporen, zerstäubt

Aus den Sporen bilden sich männliche Pflänzchen mit gestielten «Schemelchen» oder weibliche Pflänzchen mit gestielten «Sternchen» (unten). Regenspritzer tragen die Geschlechtszellen von der Oberfläche der männlichen Schemelchen hinauf zur Unterseite der weiblichen Sternchen. Dort findet die Befruchtung statt. An der Unterseite der Sternchen bilden sich nach der Befruchtung Kapseln, die Sporen enthalten. Sie platzen auf und die Sporen fallen heraus (S. 15).

Das Brunnenlebermoos gedeiht bestens in einem feuchtwarmen Gewächshaus. Zu entdecken sind die feinen Wurzelhaare, männliche Pflänzchen in der Gestalt von einbeinigen «Schemelchen» und weibliche Pflänzchen in der Gestalt von gestielten «Sternchen».

Auf einem Moospolster in einem Bachbett wächst Brunnenlebermoos. Seine Blätter verzweigen sich gabelartig.

Zwischen den Pflastersteinen in einer städtischen Umgebung wächst Brunnenlebermoos. Lebermoose können ewig leben, unten wurzelnd, vorne wachsend, hinten absterbend.

Männliche Pflänzchen (von oben) sehen aus wie Schemelchen mit eingebuchteten Sitzflächen. Sie wachsen aus dem am Boden kriechenden Blatt.

Weibliche Pflänzchen gleichen gestielten Sternchen. Nach der Befruchtung bilden sie Kapseln. Zwei davon sind aufgeplatzt und Büschel hellgelber Fäden werden sichtbar. Die Sporen sind bereits hinuntergefallen.

An den drei Sternchen im Bildzentrum sind die Kapseln aufgeplatzt und die Sporen herausgefallen. Das mittlere Sternchen wurde damit hellgelb eingepudert.

Getreide

Letzte Landpflanzen

Die Halbwüsten und Wüsten waren die letzten Gebiete, die von Pflanzen besiedelt wurden. Die wilden Verwandten von Gerste, Weizen und Roggen wachsen in den steppenartigen Regionen des Nahen Ostens.

Das Getreide unterscheidet sich vom Lebermoos durch:

- einen Stängel, der aufwärts wächst und Blätter trägt;
- Wurzeln, die tief in die Erde eindringen und Wurzelhaare bilden;
- Samen mit Reservestoffen, die das Getreide im Jugendstadium unabhängiger von der Umgebung machen.

Das Getreidekorn (Samen) ermöglicht nach der Keimung eine rasante Jugendentwicklung. Dank der vielen Nährstoffe im Samen kann die junge Pflanze ihre Wurzeln schneller und tiefer in die Erde schicken und damit besser Trockenheit ertragen.

Vorräte

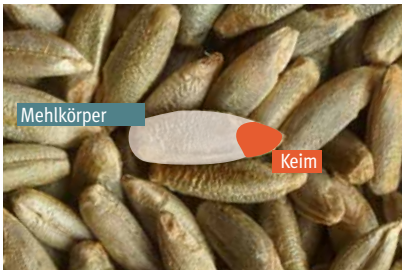
Das Getreidekorn besteht zu rund 95% aus Reservestoffen. Nur 5% entfallen auf den Getreidekeim. Es ist, als ob der Keim einen riesigen Rucksack mit Lebensmitteln dabei hätte. Diese Art der Vorratsbildung der Getreidearten erlaubt es den Menschen, eigene Nahrungsmittelvorräte anzulegen. Diese machen auch ihn unabhängig von seiner Umgebung.

Oben Ein reifendes Roggenfeld: Durch das Gewicht der Körner neigen sich die Ähren.

Links Die beblätterten Stängel (Halme) haben sich gestreckt. Die Ähren sind hinaufgeschoben, der Roggen blüht und mit ihm der Klatschmohn.

Rechts Ausschnitt einer blühenden Roggenähre: Die gelben Pollensäcke werden aus den engen Blüten hinausgeschoben.

Kräftige weisse Roggenwurzeln streben in die Tiefe. Feinste, kaum sichtbare Wurzelhaare durchziehen wie ein Pilzgeflecht den Boden.



Roggenkörner. Der Keim in der Spitze eines Kornes ist sehr klein im Vergleich mit dem Anteil an Reservestoffen (Mehlkörper). Das Korn ist ein Symbol für Unabhängigkeit.

Eine junge, kräftige Getreidepflanze kurz vor dem Hochwachsen. Alles, auch die Ähre, ist an der Basis der Pflanze veranlagt und braucht sich nur noch zu strecken: Das Getreide schiesst in die Höhe.

Stäuben

Der Wind und die Pflanzen

Das Brunnenlebermoos bildet Sporen, die vom Wind fortgetragen werden. Die Sporen des Lebermooses haben Samencharakter. Sie dienen der Verbreitung, sie dienen der Besiedlung neuer Flächen. Sporen sind Keime, sie brauchen die Erde zum Keimen. Aus ihnen gehen neue Pflänzchen hervor.

Der Roggen bildet Pollen, die, wie die Sporen, ebenfalls vom Wind fortgetragen werden. Die Pollenkörner dienen aber nicht der Verbreitung, sie dienen der Befruchtung anderer Roggenpflanzen. Die Pollenkörner keimen auch, aber nicht auf der Erde. Sie transportieren die männlichen Geschlechtszellen von den Staubblättern zu den Fruchtblättern. In den Fruchtblättern findet die Befruchtung statt. Die Roggenkörner dienen der Verbreitung der Art, sie keimen in der Erde.

Sporen und Pollen fallen, botanisch betrachtet, unter den Begriff «Blütenstaub». Das ist merkwürdig, denn das würde bedeuten, dass die Lebermoose ohne Blüten Blütenstaub bilden können. Den Begriff «Blütenstaub» verwendet man normalerweise für die Pollen, die die Nadelbäume und die bedecktsamigen Blütenpflanzen in grossen Mengen produzieren. Das «Staubige» des Blütenstaubes gab es aber schon bei den ersten Landpflanzen.

Es ist faszinierend, dass die Hüllen der Sporen der Lebermoose und die Hüllen der Pollen sich nicht prinzipiell unterscheiden. Ihr Inhalt unterscheidet sich aber schon. Im Laufe der Evolution von den Lebermoosen zu den Blütenpflanzen, von den Sporen zu den Pollen, hat sich der ursprüngliche Inhalt und mit ihm die ursprüngliche Funktion geändert. Der starke Bezug zum Wind ist geblieben.

Die äussere, stark strukturierte Schicht der Sporen und der Pollenkörner wird während ihrer Bildung aussen aufgetragen. Diese Schicht ist äusserst widerstandsfähig. Sie ist reich an fettartigen Substanzen. Diese Substanzen verhindern, dass die Sporen bzw. die Pollen miteinander verkleben. Einzeln lassen sie sich leichter vom Wind mitnehmen. Es gibt Pollenkörner die miteinander verklebt werden, bei diesen wird die Rolle des Windes übernommen, zum Beispiel von Insekten. Diese tragen die Pollen von Blüte zur Blüte.

Blütenstaub

Sporen und Pollen

Gleiche Verpackung – unterschiedlicher Inhalt
Sporen dienen der Verbreitung von Pflanzen, Pollen hingegen der Befruchtung. Sie unterscheiden sich äusserlich nicht wesentlich voneinander.
Sporenwand und Pollenwand haben die gleiche Struktur und Zusammensetzung. Pollen entstanden später in der Evolution. Sie haben die Gestalt der Sporen beibehalten, den Inhalt aber erneuert.

Die **Sporen** (z.B. bei Bärlapp oder Wurmfarn) dienen der Verbreitung der Art. Sie transportieren Keime. Die Spore keimt und es wachsen kleine unscheinbare Pflänzchen heran. Diese bilden später männliche und weibliche Geschlechtszellen. Die Befruchtung findet statt und aus der befruchteten Eizelle geht beispielsweise eine neue Farnpflanze hervor, die wiederum Sporen bildet.

Bärlapp
Der Bärlapp ist – wie der Farn – eine uralte Pflanze, die es schon zur Zeit der Dinosaurier gegeben hat. Im oberen gelblichen Stängelabschnitt (Sporenstand) hat er Sporen gebildet.

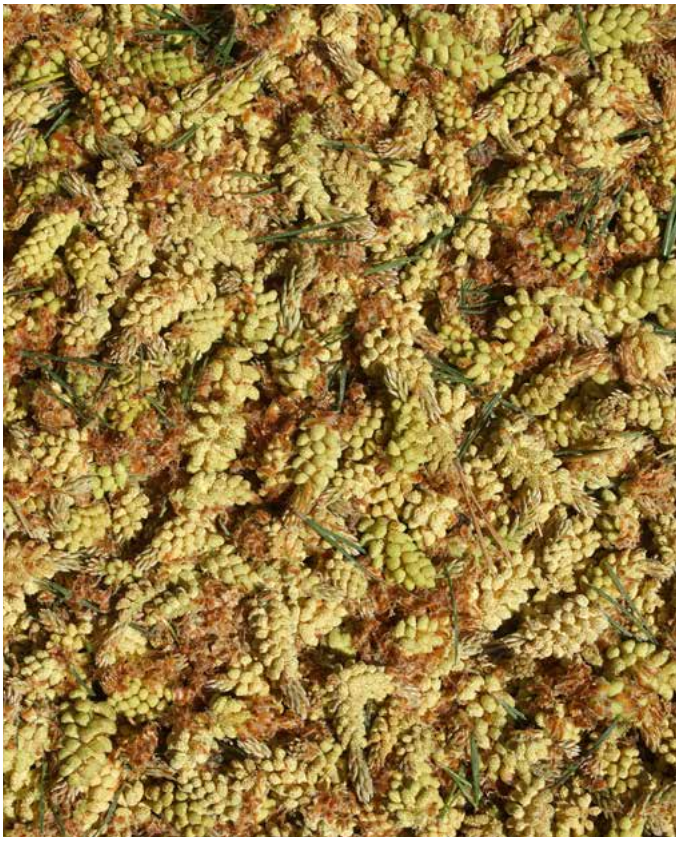
Gemeiner Wurmfarn
Die meisten Sporenhäufchen auf der Unterseite des Wurmfarnblattes sind noch von einem grauen Schleier bedeckt.

Sporen eines Bärlapps
Elektronenmikroskopische Aufnahme der Sporen, die $^{33}/_{1000}$ Millimeter gross sind.

Spore eines Wurmfarns
Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Spore, die $^{53}/_{1000}$ Millimeter lang ist.

Die **Pollen** (z.B. bei Föhre oder Hasel) ermöglichen die Befruchtung von weit entfernt wachsenden Artgenossen. Sie transportieren männliche Geschlechtszellen. Nach der Befruchtung der Eizellen bilden die Pflanzen Samen, die der Verbreitung der Art dienen.

27 Millionen Sporen
Sporen und Pollen sind sehr klein. Die Sporen des Bärlapps haben einen Durchmesser von $^{33}/_{1000}$ Millimeter. 90 000 Bärlappsporen haben Platz auf einem Quadratzentimeter und 27 Millionen einzelne Sporen passen in einen Kubikzentimeter.



Waldföhre
Zur Gewinnung des Pollens sind im Mai männliche Blütenzäpfchen der Waldföhre gesammelt worden.

Hasel
Die noch vereisten männlichen Haselblüten (Blütenkätzchen) werden ihre Pollen bald dem Wind übergeben.

Pollen der Waldföhre
Elektronenmikroskopische Aufnahme von Pollenkörnern der Waldföhre, die $^{65}/_{1000}$ Millimeter gross sind.

Pollen einer Hasel
Elektronenmikroskopische Aufnahme zweier Pollenkörner der Hasel, die rund $^{30}/_{1000}$ Millimeter messen.

Im Pollenkorn

Von halben und ganzen Pflänzchen

Blütenpflanzen
Bei der Frühlingsanemone befinden sich die männlichen Blütenorgane, die Staubblätter mit den Pollenkörnern, und die weiblichen Blütenorgane, die Fruchtblätter mit den Samenanlagen, gemeinsam in einer Blüte. Das **Pollenkorn** und die **Samenanlage** sind die zwei Organe, die zwei «Hälften», die zusammenkommen müssen, damit Samen sich bilden und daraus neue Pflanzen entstehen.

Vom «Lebermoos im Pollenkorn»
Die Pollenkörner der Blütenpflanzen haben sich in der Evolution aus Sporen entwickelt. Die **Pollenkörner** bilden neu, ohne Zwischenphase wie bei den Sporenpflanzen, sofort Geschlechtszellen, die nun Eizellen in der **Samenanlage** befruchten können.

Ein Gedankenspiel
Im **Pollenkorn** findet sich, aufs Äusserste reduziert, ein männliches Lebermoospflänzchen hineingezaubert. In der **Samenanlage** findet sich, aufs Äusserste reduziert, ein weibliches Lebermoospflänzchen hineingezaubert.

Das keimende Pollenkorn – halbes Pflänzchen
Das keimende Pollenkorn bildet einen Pollenschlauch. Darin enthalten sind die Geschlechtszellen. Der Schlauch ist vergleichbar mit einem Wurzelhaar. Grünes Gewebe fehlt.

Die Samenanlage – halbes Pflänzchen
Die Samenanlage in den Fruchtblättern einer Blütenpflanze enthält mehrere Zellen, darunter auch die Eizelle. Diese Zellgruppe bildet den weiblichen Gegenpol des Pollens. Das grüne Fruchtblatt ernährt den jungen Samen.

Die keimende Spore – ganzes Pflänzchen
Die keimende Spore eines Farnes bildet ein Wurzelhaar und ein paar Blattgrün bildende Zellen. Dasselbe gilt für die Sporen des Brunnenlebermooses.

Eine aufgeschnittene Blüte einer Frühlingsanemone. In der Mitte der Blüte stehen die grünlichen Fruchtblätter, darum herum die gelben Staubblätter und aussen, einen Trichter bildend, weisse Blütenblätter.

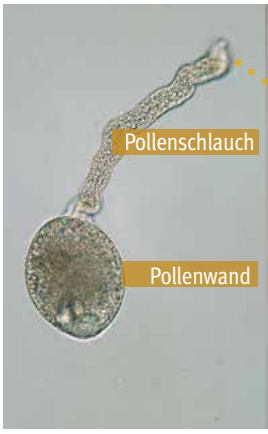
Zwei Frühlingsanemonen, von der Seite angeschaut.

Vergleiche zwischen Pollenkorn und Spore

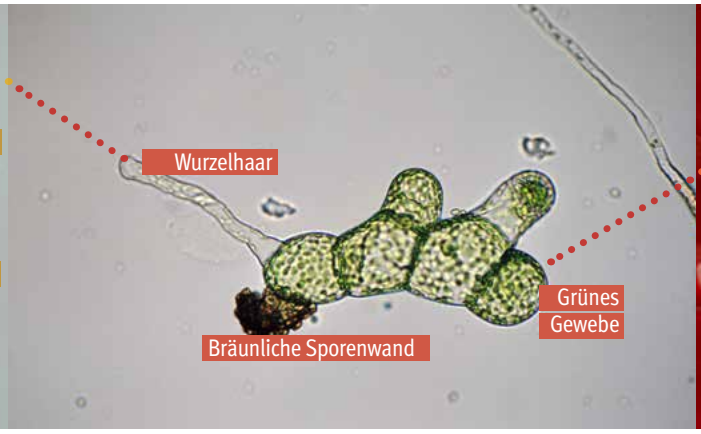
Fortpflanzungsorgane der Blütenpflanzen: Pollenkorn und Samenanlage
Das **Pollenkorn** einer Blütenpflanze entspricht äusserlich einer **Spore**.
Der Inhalt des winzigen Pollenkorns entspricht einem ganzen **männlichen Lebermoospflänzchen**.
Der Inhalt einer Samenanlage (mit Eizelle) entspricht einem ganzen **weiblichen Lebermoospflänzchen.**

Das **männliche Lebermoospflänzchen**. Die männlichen Geschlechtszellen entstehen in der Fläche der «Schemelchen». Regenspritzer tragen die Geschlechtszellen hinauf zu den weiblichen Pflänzchen.

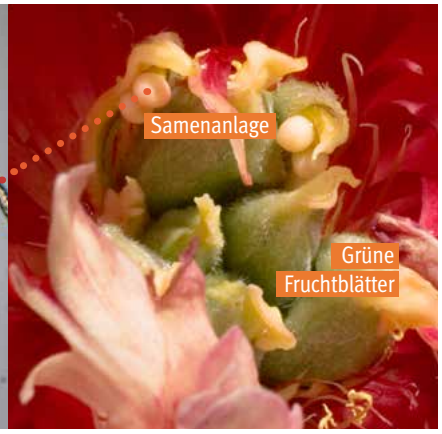
Das **weibliche Lebermoospflänzchen.** Die weiblichen Geschlechtszellen bilden sich an der Unterseite der Strahlen der «Sternchen».



Pollenkorn, mit Pollenwand und länglichem Pollenschlauch. Der Pollenschlauch wächst an seiner Spitze, genauso wie ein Wurzelhaar. Der Schlauch enthält die männlichen Geschlechtszellen.



Keimende **Spore** eines Wurmfarns. Unten die bräunliche Sporenwand. Deutlich sichtbar ist ein Wurzelhaar und junges grünes Gewebe. Das Wurzelhaar «entspricht» beim Pollen dem Pollenschlauch. Das zarte grüne Gewebe «entspricht», bezogen auf das Fruchtblatt, der noch unbefruchteten Samenanlage.



Samenanlage Blick in die Blüte einer Gartenpfingstrose. Die Fruchtblätter dieser Sorte sind missgebildet. Die Samenanlagen, die sonst vom Fruchtblatt vollständig eingehüllt sind, können hier als eiförmige, hellgelbe Kugelformen erkannt werden. In diesen befinden sich Zellgruppen mit einer Eizelle.

Lebenszyklus eines Farnes

Sporen verlassen einen Sporenbehälter, keimen und bilden einen sogenannten Vorkeim.

Der Vorkeim ist in etwa fingernagelgross. Am Vorkeim entstehen in kleinen Behältern männliche und weibliche Geschlechtszellen.

Generationenwechsel

Phasen im Leben eines Organismus

Das Zerstäuben ist ein zentrales Thema der Pflanze. Bei der Sporenbildung streift die Pflanze fast alles Materielle ab, sie wird so klein wie möglich. Das geht so weit, dass sogar die Zahl der Chromosomen halbiert wird. Die Halbierung ist die Voraussetzung für die Bildung der männlichen und weiblichen Geschlechtszellen. Diese Halbierung, diese «Trennung», hebt die Pflanze später bei der Befruchtung wieder auf.

Der Begriff «Generationenwechsel» ist einer der schwierigsten Begriffe der Botanik. Unter Generationenwechsel versteht man im alltäglichen Leben, dass alle 30 Jahre die Generation der Kinder jene der Eltern ablöst.
In der Botanik ist mit dem Begriff etwas anderes gemeint. Dort beschreibt der Begriff zwei sich abwechselnde Phasen im Lebenszyklus eines Organismus.
Die Phase der Sporenbildung wechselt ab mit der Phase der Bildung der Geschlechtszellen.

Der Generationenwechsel ist nur bei den Farnen und Lebermoosen von Auge sichtbar. Bei den Nadelbäumen und bei den Blütenpflanzen findet er im Verborgenen statt. Nehmen wir als Beispiel die Blattfarne.
Farne bilden an der Unterseite ihrer Blätter Sporenkapseln mit Sporen. Diese fallen heraus, keimen auf der Erde und bilden kleine fingernagelgrosse, sehr zarte lebermoosähnliche Pflänzchen. An diesen entstehen kleine Behälter, mit männlichen, bzw. weiblichen Geschlechtszellen. Aus der befruchteten Eizelle, die durch die Befruchtung wieder die doppelte Chromosomenzahl hat, geht eine neue Farnpflanze hervor. Der Kreis hat sich geschlossen. (Siehe Lebenszyklus eines Farnes, unten.)

Bei den Samenpflanzen, zu denen auch die Nadelbäume gehören, entwickeln sich die Sporen, die sich in den Pollensäcken bilden, sofort weiter. Die Spore kann, ohne keimen zu müssen, zur Bildung der Geschlechtszellen übergehen und wird damit zum Pollenkorn.
In den Pollenkörnern befinden sich die männlichen Geschlechtszellen. Das Gleiche, allerdings komplizierter und hier nicht gezeigt, findet in den Samenanlagen der Fruchtblätter statt. Auch dort bilden sich Sporen, die sofort weilbliche Geschlechtszellen bilden.

Die Sporen der Farne dienen, wie bereits gesagt, der Verbreitung. Die Sporen keimen, neue Pflänzchen wachsen heran, Farnsporen haben «Samencharakter». Diese Aufgabe der Verbreitung haben bei den Samenpflanzen, wie der Name «Samenpflanze» sagt, die Samen. Die Pollen lassen sich, wie die Sporen, vom Wind verbreiten. Sie ermöglichen eine Befruchtung über weite Distanzen. Bei den Lebermoosen und den Farnen ist die Befruchtung noch von Regen, vom Wasser abhängig.

Nach der Befruchtung bildet sich eine winzige Farnpflanze, die nach und nach kräftiger wird.

Kräftige Farnblätter bilden auf der Blattunterseite Sporenkapseln (Hagemann, 2005).

Die Einjährige

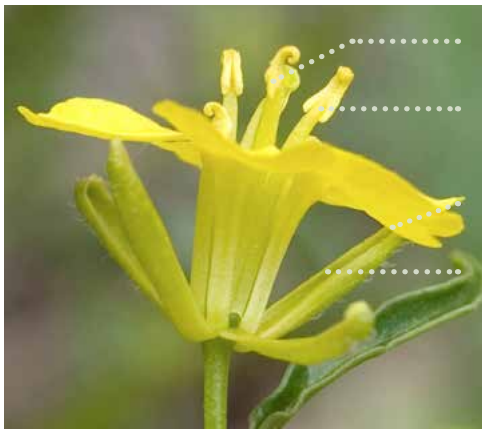
Erstes Modell

Collage

Das Modell einer einjährigen Pflanze (S. 27) ist eine fiktive Collage, die aus Teilen unterschiedlicher tatsächlich existierender Pflanzen zusammengesetzt ist. Die Collage besteht aus einer Blüte der Mittleren Winterkresse, aus den Blättern und der Wurzel der Knoblauchsrauke und aus den Wurzelhaaren des Weizens.

Modelle ohne Knospen

Die Geschichte der Botanik ist reich an Modellen (S. 28/29). Sie zeigen die verschiedenen Organe der Pflanzen und decken Zusammenhänge zwischen den Organen auf. Das erste beschreibende Modell stammt von J. W. von Goethe aus dem Jahr 1790. Er war der Begründer der Pflanzenmorphologie, der Wissenschaft der pflanzlichen Gestalt. Goethe wählte – um seine Vorstellungen zu verdeutlichen – für sein Modell eine einjährige Pflanze. Einjährige Pflanzen keimen, wachsen und blühen innerhalb eines Jahres. Nach der Samenbildung sterben sie. Im Gegensatz dazu leben Pflanzen, die Knospen bilden, mehrere Jahre. Sie treiben jedes Jahr erneut aus ihren Knospen aus, blühen und bilden Samen. Goethes Wahl einer einjährigen Pflanze für sein Modell bestimmt bis heute das Unterrichtsmaterial. Sein Modell und die späteren Modelle haben eines gemeinsam: Sie klammern die Knospe als wichtiges Organ einer Pflanze aus.



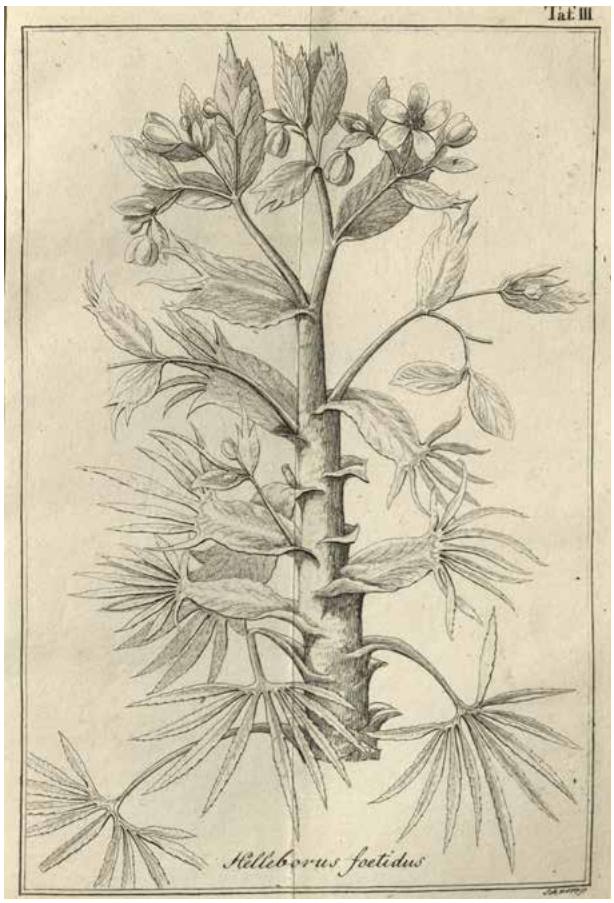
Die natürlichen Vorbilder

Blüten: Winterkresseblüte mit ihren vier Organen (Kelchblatt, Kronblatt, Staubblatt und Fruchtknoten). Der Fruchtknoten im Zentrum der Blüte ist fast vollständig von einem Staubblatt verdeckt.

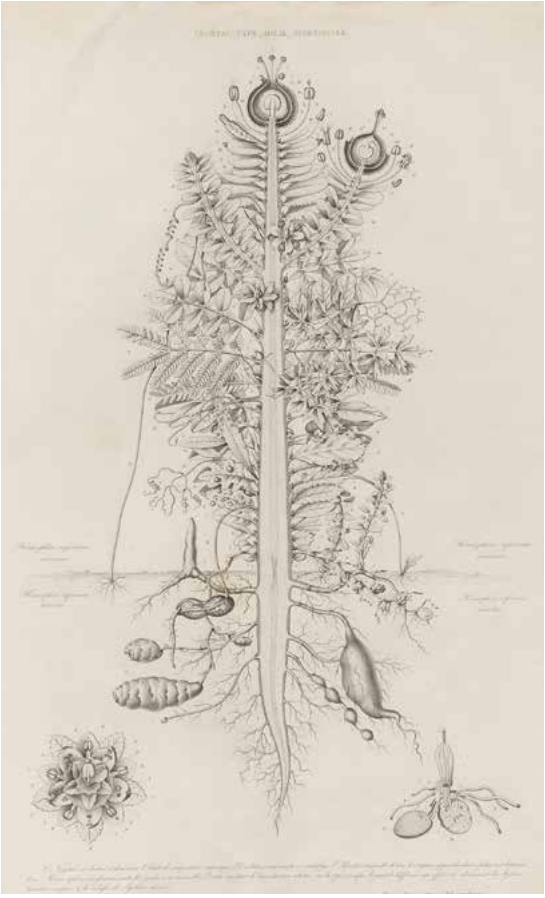
Blätter: Die Knoblauchsrauke ist weitverbreitet. Die Blüten sind klein und ihre Blätter erinnern an Brennnesselblätter.

Wurzeln mit Wurzelhaaren: Das keimende Weizenkorn bildet an den starken weissen Wurzeln die typischen zarten Wurzelhaare.

Modell einer einjährigen Pflanze (Urpflanze)
Konzept P. Schilperoord / Aquarell F. Fahrni-Habegger (2015)



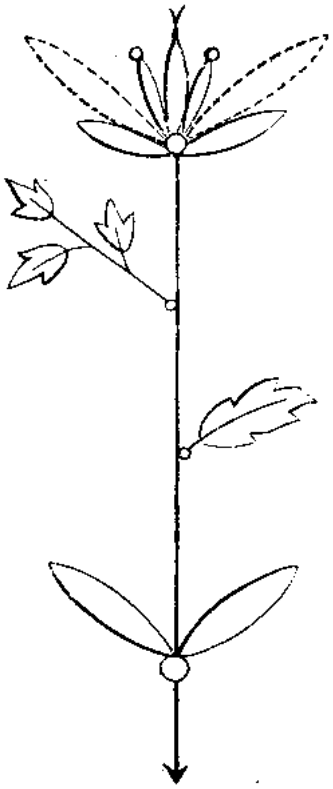
1817: S. F. Voigt



1837: P. J. F. Turpin

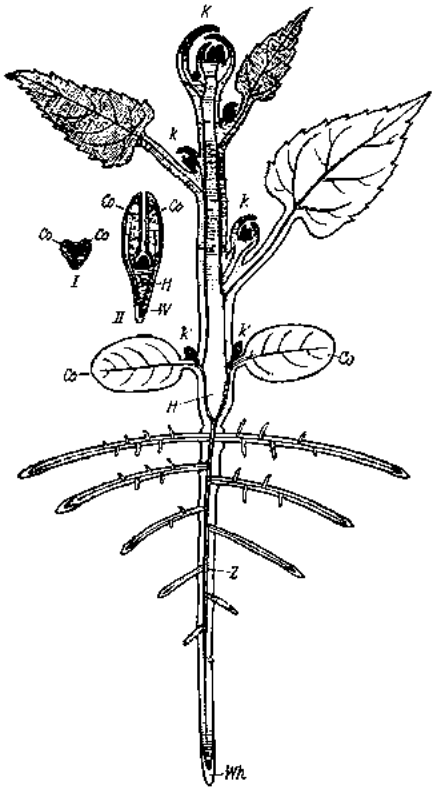
Modelle von mehrheitlich einjährigen Pflanzen aus botanischen Lehrbüchern und wissenschaftlichen Artikeln seit dem 19. Jahrhundert.

1852: F. Unger

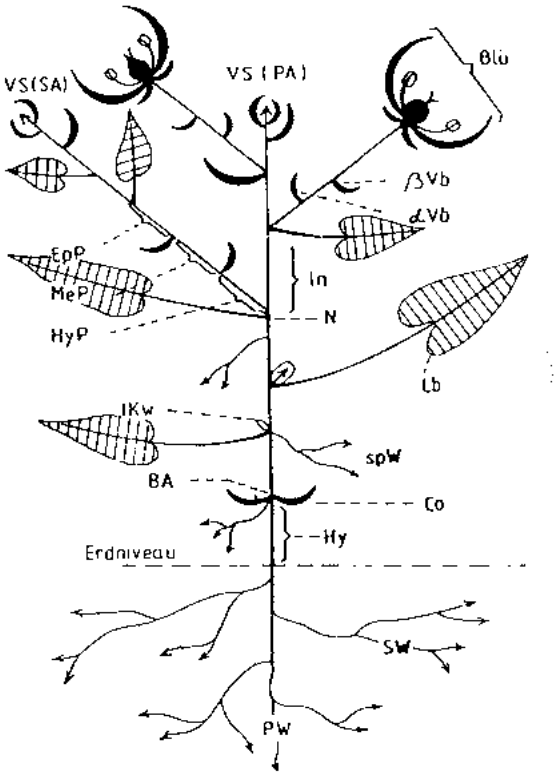


1883: R. Steiner

1848: M. J. Schleiden



1937: W. Troll



1994: H. A. Froebe

Blattreihen

Neu sortiert

Bekanntes neu angeschaut

Einzelne Segmente der Blattreihe (unten) findet man in Botaniklehrbüchern abgebildet. Die hier gezeigte Gesamtanordnung, die auch die Zusammenhänge zwischen Stängelblatt und Blütenorganen aufdeckt, ist neu.

Herausforderung

Die Fragestellung lautet: Wie bildet man eine Blattreihe vom Keim- bis zum Fruchtblatt unter der Bedingung, dass die Übergänge der Blattformen gleitend sind? Lässt sich eine vollständige Blattreihe in einer einzigen Pflanzenart finden? Nein, denn eine solche Pflanze gibt es leider nicht. Sie wäre die ultimative Modellpflanze geworden.

Die natürlichen Vorbilder

Walderdbeere

Wilde Christrose

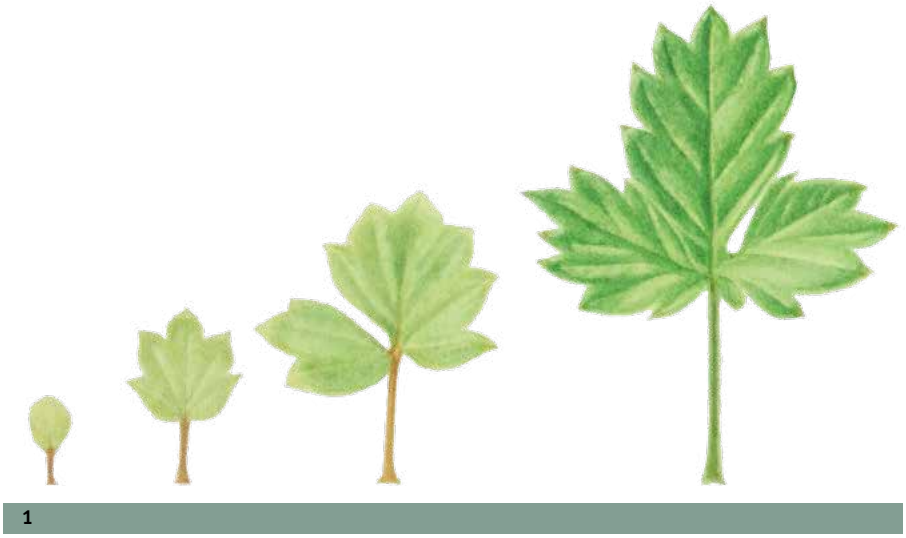
Seerose

Japanische Blütenkirsche

Strauchrose

Viele Pflanzen – eine Reihe

1 Walderdbeere, vom Keimblatt über die Stängelblätter bis zum Hochblatt
2 Christrose, vom Hochblatt bis zum Blütenblatt
3 Seerose, vom Blütenblatt bis zum Staubblatt
4 Japanische Blütenkirsche mit Fruchtblatt (links) und zweitem, laubblattartigem Fruchtblatt (rechts)
5 Stängelblatt einer Rose



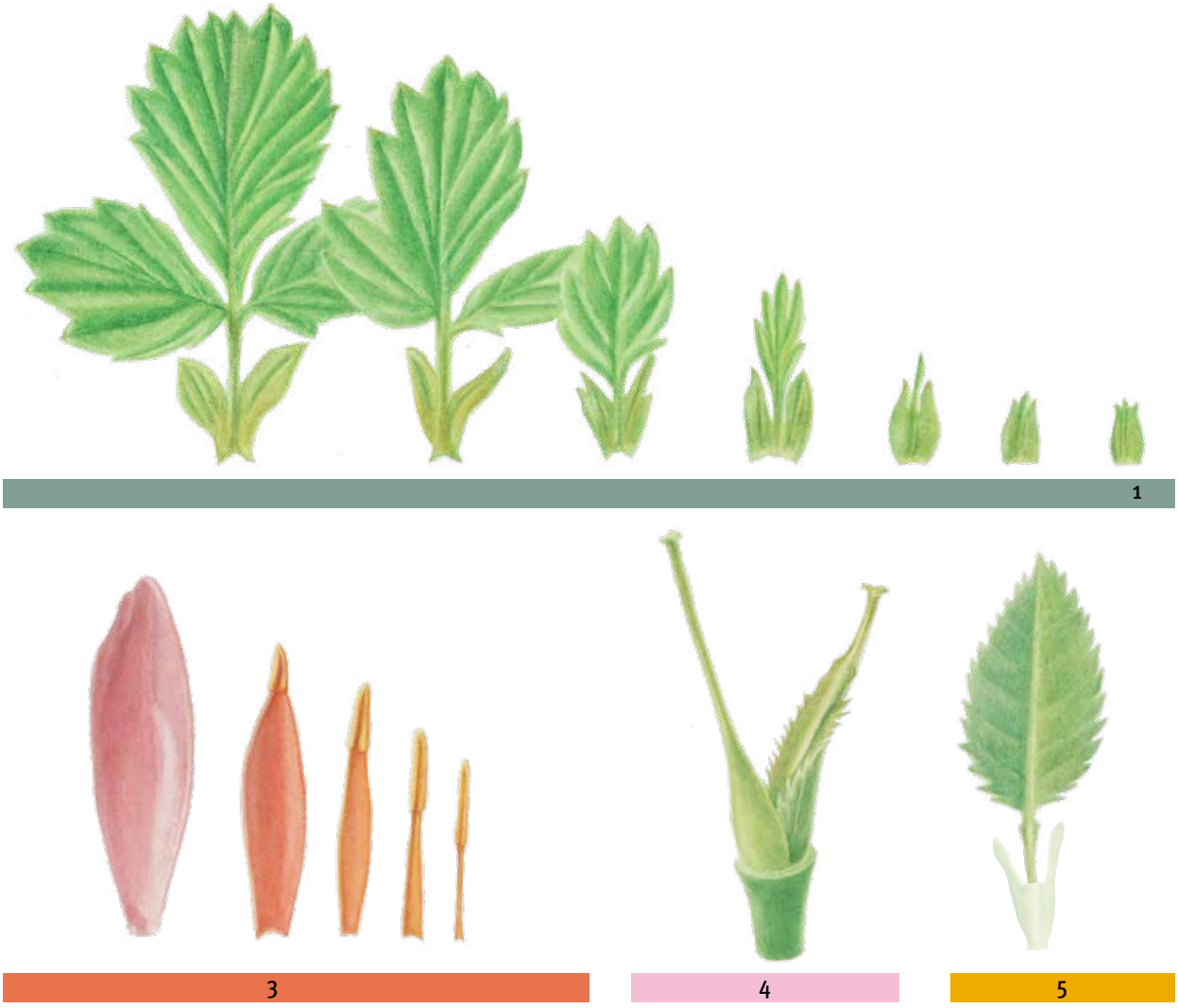
Die bisher unüberbrückbare Lücke

Eine kontinuierliche Blattreihe vom Keim- bis zum Staubblatt lässt sich mithilfe mehrerer Pflanzenarten herstellen. Dennoch entsteht eine Lücke: Es gibt keine kontinuierlichen Formübergänge zwischen Staub- und Fruchtblatt.

Die Lösung

Es gibt hingegen gleitende Übergangsformen vom Fruchtblatt zur Stängelblattspreite, wie dies am Beispiel der beiden Fruchtblätter der Japanischen Blütenkirsche (4) zu sehen ist. Das Fruchtblatt steht der Stängelblattspreite näher als dem Staubblatt. Das Staubblatt ist mit dem Blattgrund verwandt (siehe Gliederung des Blattes).

Gliederung des Blattes



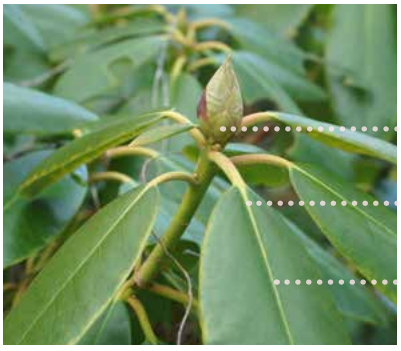
Die Mehrjährige

Zweites Modell

Collage
Die Abbildung «Modell einer mehrjährigen Pflanze (Urpflanze)» (S. 33) ist eine fiktive Collage, die aus Teilen unterschiedlicher Pflanzenarten zusammengesetzt ist. Dieses Modell besteht aus der Blüte der Sumpfdotterblume, aus den Keim- und Stängelblättern eines Rhododendrons, aus einem austreibenden Zweig eines Rhododendrons mit Schuppenblättern und Stängelblättern und aus den Wurzelhaaren eines Weizens. Das Modell zeigt zusätzlich Kelchblätter. Die Farbe der Kronblätter entspricht derjenigen der Knospenschuppen.

Modell mit Knospen
Das zweite Modell ermöglicht den Vergleich der austreibenden Knospe mit der Blüte. Es deutet einerseits eine Verwandtschaft der Schuppenblätter mit den Kelch-, Kron- und Staubblättern und andererseits eine Verwandtschaft der Spreite des Stängelblattes mit dem Fruchtblatt an. Die einjährigen Pflanzen sind in der Evolution aus Mehrjährigen hervorgegangen. Die Einjährigen überspringen das Knospenstadium mit eleganter Leichtigkeit. Ihre scheinbare Einfachheit verschleiert die Zusammenhänge, die zwischen Zweig und Blüte bestehen.

Blüte und Schmetterling
Jeder kennt die Metamorphose von der Raupe zum Schmetterling. Die Pflanze kennt eine vergleichbare Metamorphose. Sie entscheidet im Moment der Knospenbildung, ob aus der neuen Knospe ein Zweig hervorgehen wird oder eine Blüte. Der Zweig entspricht der Raupe, die Blüte dem Schmetterling.



Die natürlichen Vorbilder

Rhododendron
Junger Zweig. Bald fallen die farbigen Schuppenblätter ab.
Die Spreiten der jungen Stängelblätter sind noch eingerollt.

Sumpfdotterblume
Blüte, längs aufgeschnitten.

Rhododendron
Stängelblätter und Schuppenblätter, Zweig und Knospe.

Modell einer mehrjährigen Pflanze (Urpflanze)
Konzept P. Schilperoord / Aquarell F. Fahrni-Habegger (2015)

Modelle

Chancen und Risiken

Die Geschichte der Botanik ist reich an Modellen. Modelle sind Bild gewordene Blickrichtungen. Mit einem Modell lässt sich etwas einfacher und schneller erklären als mit Worten. Das Modell hebt hervor, was der Autor für wesentlich hält, und lässt weg, was in seinen Augen unwesentlich ist. Das ist wichtig und richtig, birgt aber auch Gefahren.

Das **Modell einer einjährigen Samenpflanze** (S. 27) hat eine lange Tradition. Was eine lange Tradition hat, muss sich wohl bewährt haben. Das Modell betont die Blüte und zeigt die Blüte als eine Fortsetzung des Sprosses. Diese Darstellung entspricht der gängigen Definition einer Blüte. Sie wird als unverzweigter Kurzspross bezeichnet mit begrenztem Wachstum, dessen Blätter direkt oder indirekt im Dienst der geschlechtlichen Fortpflanzung stehen. An einem Kurzspross stehen die Blätter eng zusammen. Die Blüte schliesst die Sprossachse ab. Mit der Samenbildung hört das Wachstum der Sprossachse auf.

Aufgrund des hier gezeigten Modells einer einjährigen Pflanze kann man sich die grünende, noch nicht blühende Pflanze zusammengesetzt denken aus Wurzel, Sprossachse und Blatt. Man kann die grüne Pflanze begrifflich auch anders fassen und in einem ersten Schritt unterscheiden zwischen Spross und Wurzel. In einem zweiten Schritt kann man am Spross unterscheiden zwischen Blättern und Sprossachse und an der Wurzel zwischen Wurzelachse und Wurzelhaaren. Was die Blätter sind für den Spross, sind die Wurzelhaare für die Wurzel.

Begriffsbildung und Wortwahl werden bestimmt durch die Blickrichtung des Beobachters. Betrachtet man die vegetative Pflanze als zusammengesetzt aus den genannten drei Grundorganen Wurzel, Sprossachse und Blatt, dann hat die Beschreibung etwas Baukastenartiges. Betrachtet man die Pflanze als polares Wesen, das in sich gegliedert ist, dann sieht man die Pflanze als eine Einheit, als ein Ganzes, dessen Glieder sich gegenseitig bedingen und ergänzen.

Die Ausstellung zeigt zwei neue Modelle: ein Blattreihenmodell (S. 30/31) und das Modell einer mehrjährigen Pflanze (S. 33).

Das **Blattreihenmodell** stellt die Zusammenhänge, die es zwischen den Blütenorganen und den Blattorganen gibt, exakter dar als das klassische Modell. Das klassische Modell sieht, wie gesagt, die Blüte als einen Kurzspross und berücksichtigt nicht die Gliederung des Stängelblattes in Blattspreite, Blattstiel und Blattgrund. Es stellt nur allgemein eine Verwandtschaft zwischen Blütenorganen und Blättern fest. Das Blattreihenmodell berücksichtigt die Gliederung in Blattspreite, -stiel und -grund. Es zeigt, wie die Staubblätter die Ansatzstelle des Blattes, den Blattgrund, als Grundlage für Ihre Gestaltbildung verwenden. Die Fruchtblätter verwenden die Blattspreite als Grundlage.

Das **Modell einer mehrjährigen Pflanze** präzisiert das Blattreihenmodell. Es ist ein umfassenderes Modell, weil die Knospe, die eine zentrale Rolle spielt in der Architektur der Pflanze, berücksichtigt wird. Die Zusammenhänge zwischen Schuppenblatt und Staubblatt einerseits und Stängelblatt und Fruchtblatt andererseits, werden klar aufgezeigt.

Der Umgang mit einer Vielzahl von verschiedenen Pflanzenmodellen ist nicht nur für Botanikerinnen und Pflanzenliebhaber eine Chance. Er hält den Geist eines jeden beweglich und lebendig.

Ein Blatt – zwei Gestalten

Schuppen- oder Stängelblatt

Wer bin ich?
Schuppenblatt und Stängelblatt sind zwei in der Regel sich gegenseitig ausschliessende Formen des Blattes. Sie ergänzen sich in ihren sehr unterschiedlichen Aufgaben an der Pflanze. Schuppenblätter umschliessen im Winter den jungen, noch embryonalen, noch winzig kleinen Zweig mit den zarten Stängelblattanlagen. Sobald der junge Stängel in die Länge wächst und die Spreiten sich entfalten (S. 37), werden die Schuppenblätter abfallen.

Übergangsformen
J. W. von Goethe hat für seine Studien Aquarelle machen lassen. Auf einem ist die austreibende Knospe einer Rosskastanie und eine sehr seltene Übergangsform zwischen Schuppen- und Stängelblatt abgebildet.

In der Regel zeigen sich in der Natur keine solchen Übergangsformen. Die Pflanze sucht sie zu vermeiden, wie das Beispiel der Pfingstrosen-Blattreihe zeigt (S. 38/39).

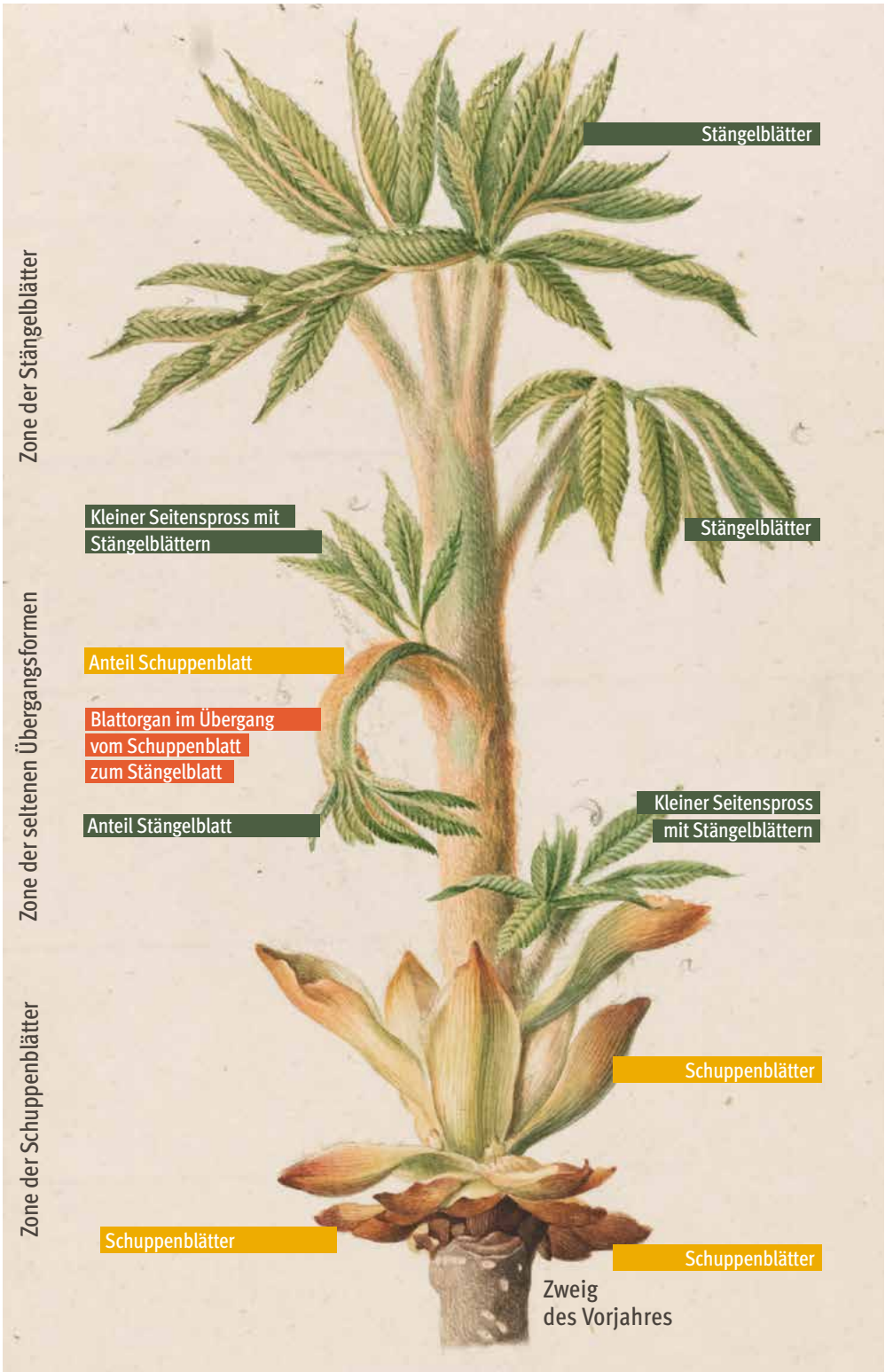
Das Schuppenblatt ist Teil der Knospe und betont die Hülle.
Das Stängelblatt hingegen breitet sich in die Fläche aus.

Die natürlichen Vorbilder

Links oben Austreibende Rosskastanienknospe, gegliedert in Schuppen- (unten) und noch kleine Stängelblätter.

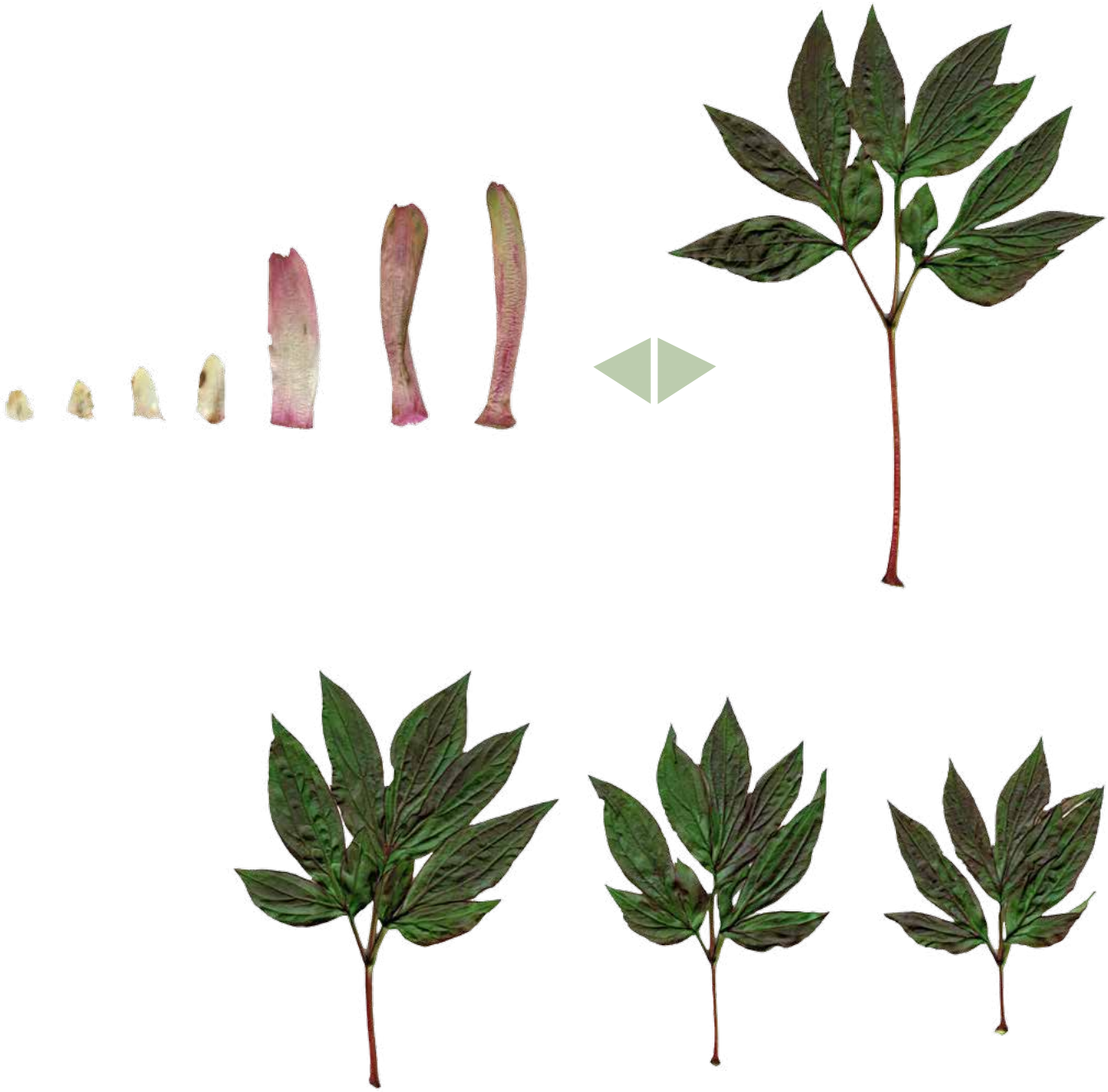
Rechts oben Junger Rosskastanienzweig. Er zeigt das gleiche Entwicklungsstadium wie im Aquarell festgehalten.

Unten Pfingstrosen



Aquarell einer austreibenden Rosskastanienknospe (um 1800).
J. W. von Goethe hat dieses Aquarell wegen den Übergangsstadien zwischen Schuppenblatt und Stängelblatt malen lassen.

Blattreihe einer Pfingstrose von den Knospenschuppen (oben links) bis zu den Kelchblättern (unten rechts). Der übergangslose Schritt von den einfach geformten Schuppenblättern (links der Pfeile) zum mehrteiligen Stängelblatt (rechts der Pfeile) könnte kaum grösser sein.



Zweigknospe

Ein geschützter Raum

Ein grosser Hohlaum befindet sich in der Knospe. Hier hat es Platz, hier entsteht im Verborgenen ein neuer Zweig. Zarte, grüne, gerade veranlagte und gefaltete Blattspreiten befinden sich im Zentrum der Knospe. Schuppenblätter schützen aussen herum vor Austrocknung. Dort, wo die Knospenschuppen sich an ihren Spitzen berühren, sind sie leicht ineinander verhakt und gewährleisten einen optimalen Schutz für die junge Zweiganlage.

Unabhängigkeit
Die mehrjährigen Pflanzen sind dank ihrer Knospen unabhängiger von der Umgebung. Sie können eine kurze Vegetationszeit besser nutzen, denn die Zweige für das neue, kommende Jahr sind schon im Herbst veranlagt worden. Sie brauchen sich im Frühling nur noch zu strecken und zu entfalten.

Kein Zweig ohne Knospe
Das Ruhestadium, die Knospe, ist für die Pflanze genauso wichtig wie der grüne Zweig. Der Zweig macht seine Erfahrungen mit der Umgebung, mit der Witterung, die Knospe fasst diese zusammen und bereitet neue Zweige vor. Knospe – Zweig – Knospe – Zweig: ewiger Rhythmus, ewiger Wandel.

Ruhende Bergahornknospe. Links und rechts der Endknospe je eine Seitenknospe.

Austreibende Bergahornknospe.

Die gleiche Knospe: Einige Knospenschuppen sind von Hand entfernt worden.

Links Längsschnitt durch eine Knospe des Bergahorns. Ein erstaunlich grosser Hohlraum, umgeben von den Knospenschuppen, befindet sich oberhalb der zentralen kleinen Stängelblätter.

Mitte Kleinste hellgrüne Stängelblätter, aus der Knospe herauspräpariert.

Rechts Querschnitt durch eine Knospe des Spitzahorns. Die Schuppen überlappen sich an ihren Rändern. Im Zentrum sieht man vier junge Blattstiele im Querschnitt.

Bergahorn: Das Austreiben der Knospe geht zügig voran.

Die Tage werden kürzer, die Stängelblätter werden kleiner.

Geburt des Blattes

Alles schon da

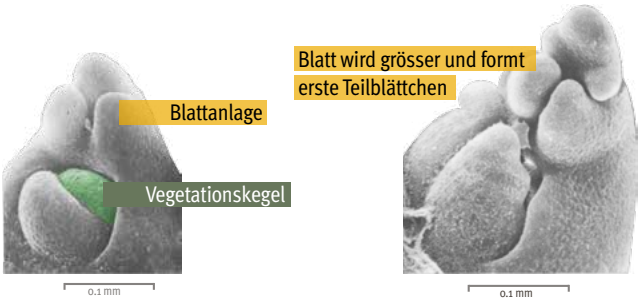
Formbildung und Gestaltung

Mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops können die allerersten und winzig kleinen Stadien der Stängelblattbildung beobachtet werden. Die sich entwickelnden Blättchen werden – stark vergrössert – zu stattlichen Skulpturen. Vom zentralen Wachstumspunkt aus, dem Vegetationskegel, entsteht Blatt um Blatt. Jede Pflanze gestaltet hier auf ihre Art; sie gibt dem quellenden Wachstum Form.

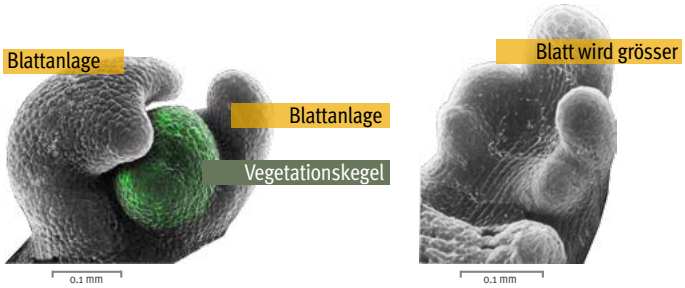
Schon im Kleinsten vorbereitet

Die Samenpflanzen haben die Fähigkeit, auf kleinstem Raum und ganz im Verborgenen, das zukünftige Blatt so weit vorzubereiten, dass es nur noch grösser werden, sich strecken und entfalten muss.
Die letzten der hier abgebildeten vier Stadien zeigen, dass schon bei weniger als 1 mm Länge die winzigen Blätter bereits in ihrer zukünftigen Grundform fertig ausgebildet sind.

Ein Blatt der Akelei entsteht



Ein Blatt der Kapuzinerkresse entsteht

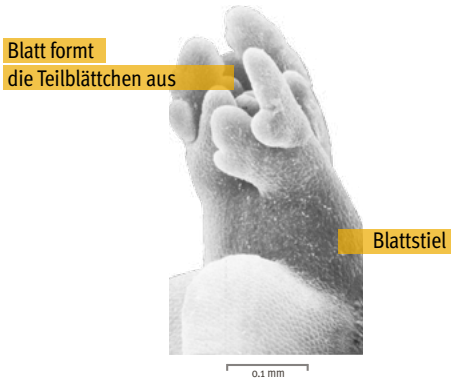


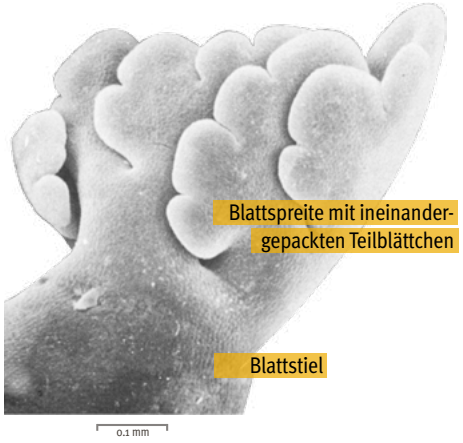
Die ersten Stadien der Vorbereitung und Ausformung eines Stängelblattes der Akelei und der Kapuzinerkresse.
Blick ins Zentrum des Pflanzenwachstums – auf den Vegetationskegel. Dieser ist grün eingefärbt.

Die natürlichen Vorbilder

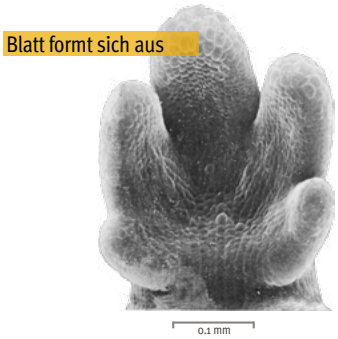
Akelei

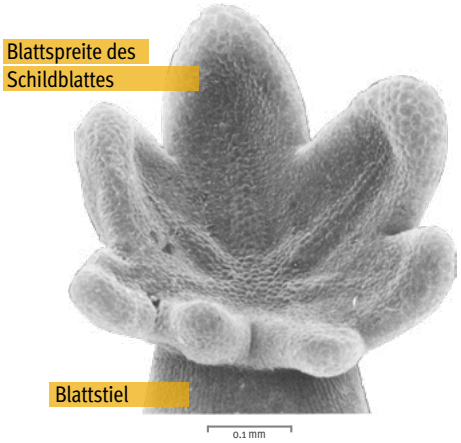
Kapuzinerkresse





Die letzten Stadien der Vorbereitung und Ausformung eines Stängelblattes der Akelei und der Kapuzinerkresse. Sie lassen die Grundstruktur der Blätter erkennen. Bei beiden ist der Blattstielansatz sichtbar. Bei der Akelei ist die Gliederung der Spreite abgeschlossen.

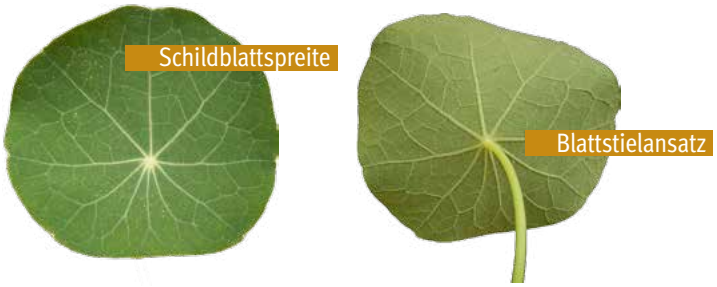




Bei der Kapuzinerkresse ist die Grundform der Schildblattspreite erkennbar. Die junge, noch fingerartig gestaltete Schildblattspreite wächst im Laufe der weiteren Entwicklung zu einer runden, ganzrandigen Spreite aus.

Das ganze Blatt der Akelei, in Teilblättchen aufgeteilt.

Das runde, ganzrandige Schildblatt der Kapuzinerkresse ist wegen seines zentral stehenden Stieles eine besondere Blattform (im Bild von oben und unten).



Entrollen des Blattes

Blattfarne

Mit Ausrollen in Form gebracht

Die Farne fallen im Frühling auf durch die besondere Art, wie die jungen Farnblätter durch Ausrollen ihre Form erhalten. Der Blattstiel ist bereits vollkommen gestaltet, während an der eingerollten Spitze noch neues Gewebe gebildet wird. Das Farnblatt ist nicht, wie bei den Samenpflanzen, im Kleinen und Verborgenen bereits als Ganzes vorgeformt und vorbereitet. Es kennt auch nicht die schützende Knospe der Samenpflanzen.

Einheit von Blatt und Stängel

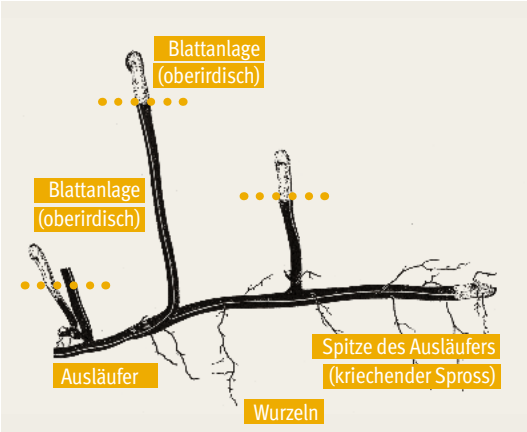
Die Farnpflanze hat sich noch nicht für eine klare Gliederung in Blatt und Stängel entschieden. Durch Aufteilung der Spitzen der kräftigen Ausläufer bilden sich zwei gleich kräftige Wachstumszonen. Eine davon wächst als Ausläufer horizontal weiter. Die andere wächst aufwärts und entwickelt sich zum Blatt. Die Farnblätter fallen nicht ab, die Blattspreiten vermodern, die Blattstielansätze bleiben mehrere Jahre lebendig und speichern Nährstoffe.

Die Wuchsformen der Farne

Farne wachsen mit ihren wurzelartigen Ausläufern ausschliesslich horizontal unter oder am Boden. Nur ihre Blätter können sich darüber erheben. Erscheinen die Farnblätter an ihren Ausläufern in grossen Abständen, wirken Farnblätter wie Einzelpflanzen. Dies zeigt der Adlerfarn. Erscheinen Blätter in sehr kurzer Folge hintereinander, bildet der Farn dichte Rosetten und Trichter, wie hier am Beispiel des Lanzen- und des Wurmfarns.

Adlerfarn – viel Platz zwischen jedem Blatt

«Schwanenhals», junges Blatt des Adlerfarns (nur oberirdischer Teil). Der Adlerfarn bildet einzeln stehende Farnblätter. Gelb gepunktete Linie = Bodenoberfläche.



Mit seinem unterirdischen Ausläufer (Kriechspross) kriecht der Adlerfarn horizontal in allen Richtungen. Feine Wurzeln entspriessen dem Ausläufer. Gelb gepunktete Linie = Bodenoberfläche.

Ausläufer eines Adlerfarns.
Von links: abgestorbener aufrechter Blattstielrest des Vorjahresblattes; junge aufrechte Blattanlage; Spitze des Ausläufers (kriechender Spross).

Lanzenfarn. Im Frühling «entrollen» sich die hellgrünen frischen Farnblätter. Der Lanzenfarn fällt auf durch eine zusätzliche Kurve kurz vor der sich «entrollenden» Blattspitze. Die dunkelgrünen, ausgewachsenen Farnblätter im Vordergrund haben überwintert.

Wurmfarn – eng zusammengerückte Blätter

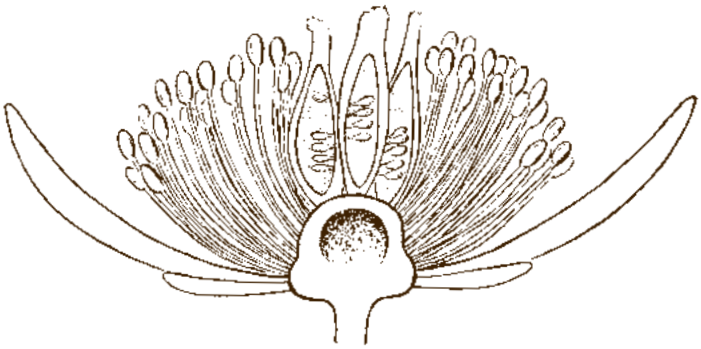
Wurmfarn. Seine eng zusammengerückten Farnblätter bilden einen Trichter.

Wurmfarn mit zwei Farnblättern. Die Reste der Blätter des vergangenen Jahres sind braun eingefärbt.

Wurzelstock eines gewöhnlichen Wurmfarns, ca. 4-jährig.
Links Die Reste der abgestorbenen Blattstiele sind abgeschnitten.
Rechts Die gleiche Pflanze der Länge nach aufgeschnitten.
Die Blattstielansätze der vorangegangenen Farnblätter sind noch lebendig.

Lebens- und Metamorphosenzyklus

Ewiger Kreislauf

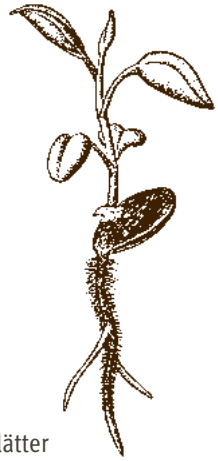


Blüte
Trennung der Geschlechter
Staub- und Fruchtblätter

Zweigknospe (Längsschnitt)
Das Zukünftige ist veranlagt

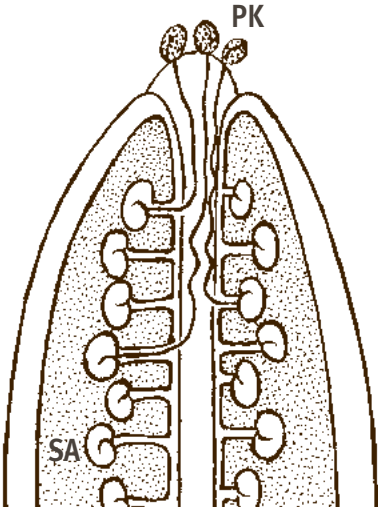
Phase für Phase
Die Pflanze durchläuft von der Keimung bis und mit der Samenbildung mehrere Phasen. Jede Phase, jeder Lebensabschnitt hat seine Qualitäten. Es gibt Phasen, die eine Qualität gemeinsam besitzen. Einige sind hier genannt. Der Samen und auch die Zweigknospe durchlaufen eine Ruhephase. Nach der Ruhephase keimt der Samen, die Samenschale springt auf, eine Keimpflanze wächst heran.

Zweig mit Stängelblättern
und Knospe mit Schuppenblättern
Sommer – Winter – Sommer – Winter
Rhythmische Wiederholungen



Keimpflanze
Wurzel und Spross
Wurzelhaare und Stängelblätter

Keimendes Pollenkorn
mit Pollenschlauch



Fruchtknoten
(schematischer Längsschnitt
durch den oberen Teil)
Drei gekeimte Pollenkörner **PK**
Samenanlagen **SA**
Befruchtung

Ähnlich die Knospe: Nach der Winterruhe platzt sie auf, ein junger Zweig wächst heran.
Die Blüte steigert die Polarität von Schuppen- und Stängelblatt in der Zweigknospe zur Polarität von Staub- und Fruchtblatt.
Das Pollenkorn keimt auf der Narbe des Fruchtknotens. Der Samen keimt im Boden.
Die Pflanze kennt eine Vielzahl von Verwandlungsmöglichkeiten.
Anders gesagt: Der Lebenszyklus einer Pflanze zeigt eine Vielzahl von Metamorphosen.

Reife Fruchtblätter
Samen

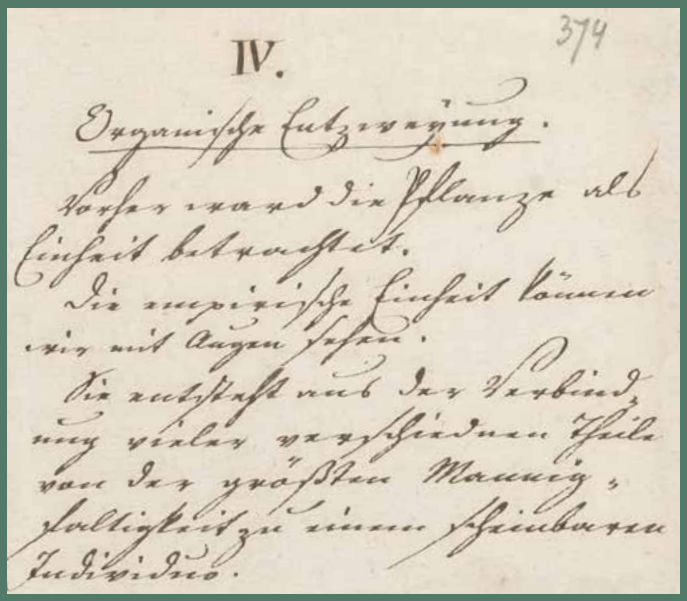
Samen
Ruhephase

Polaritäten

Neues entsteht

Der Lebenszyklus der Pflanze zeigt, wie sie in den gegensätzlichsten Welten zu Hause ist. Sie ist Bürgerin des Bodens und gestaltet die Bodenbeschaffenheit mit, sie ist Bürgerin der Atmosphäre und bestimmt massgebend die Zusammensetzung der Luft mit.
Sie arrangiert sich mit diesen polaren Welten und verändert beide gleichzeitig. Sie bildet ihre eigene, ganzheitliche Gestalt nach polaren Prinzipien und hebt Gegensätze auf. Sie nimmt Neues auf, sie erneuert sich, sie verwandelt sich.

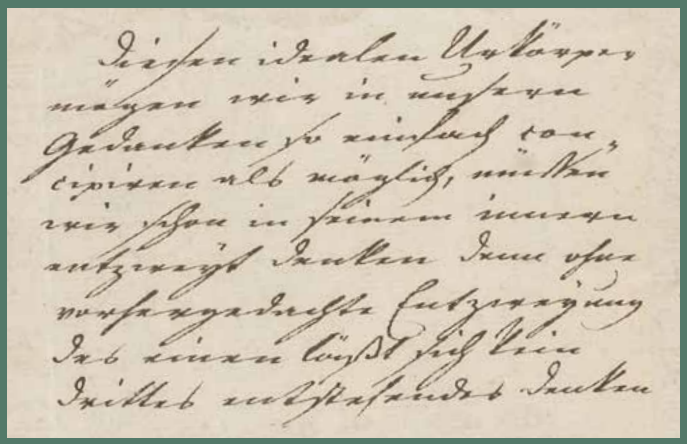
In Goethes Nachlass findet sich ein Aufsatz mit dem Titel: «Versuche zur Methode der Botanik». Das dritte Kapitel hat als Überschrift: «Organische Einheit». Das vierte Kapitel: «Organische Entzweiung». Dort schreibt er: «Diesen idealen Urkörper müssen wir ihn in unseren Gedanken so einfach konzipieren als möglich, müssen wir schon in seinem Innern entzweit denken, denn ohne vorhergedachte Entzweiung des einen lässt sich kein drittes Entstehendes denken» (Goethe 1964). Diese Entzweiung, diese organische Polarität, findet sich überall im Lebenszyklus der Pflanzen:
Wurzel – Spross
Wurzelhaare – Stängelblatt
Knospe – Zweig
Schuppenblatt – Stängelblatt
Ausdehnung – Zusammenziehung
Staubblatt – Fruchtblatt
Pollenkorn – Embryosack
Trennung – Verschmelzung
Zerstäuben auflösen – Keimen neu anfangen


IV.

Organische Entzweiung.

Vorher wurde die Pflanze als Einheit betrachtet.
Die empirische Einheit können wir mit Augen sehen.
Die entsteht aus der Verbindung vieler verschiedenen Theile von der größten Mannigfaltigkeit zu einem scheinbaren Individuo.

Handschriftliches Textfragment aus dem Nachlass von Johann Wolfgang von Goethe. IV. Organische Entzweiung.
(Goethe 1964, Kapitel «Versuche zur Methode der Botanik – Ordnung des Unternehmens»)


Diesen idealen Urkörper müssen wir in unsern Gedanken so einfach concipiren als möglich, müssen wir schon in seinem inneren entzweit denken denn ohne vorhergedachte Entzweiung des einen lässt sich kein drittes entstehendes denken.

Handschriftliches Textfragment aus Kapitel IV. Organische Entzweiung. Transkription: «Diesen idealen Urkörper müssen wir in unsern Gedanken so einfach concipiren als möglich, müssen wir schon in seinem inneren entzweit denken denn ohne vorhergedachte Entzweiung des einen lässt sich kein drittes entstehendes denken.»

Einfach und komplex

Ein Spiel mit Formen

Zimbelkraut

Skabiose. Viele Einzelblüten bilden hier, wie in einem Blumenstrauss, ein zusammengesetztes Blütenköpfchen.

Das Skabiose-Blütenköpfchen, nachdem die Blütenblätter abgefallen sind.

Das kriechende Zimbelkraut hat einzeln stehende Blüten. Es ist, wie wenn die Blüten an einem Schnürchen aufgereiht sind. Jetzt schiebt man, in der Vorstellung, die einzelnen Blüten zusammen bis ans Ende des Stieles und ordnet sie dicht an dicht. So kommt man rein äusserlich zur Skabiose.
Die Gemeine Skabiose hat die Fähigkeit, einzelne Blüten zusammenzufassen. Ihre Blume ist mehrblütig.
Aus dem Blütenstand geht schon bald der Fruchtstand hervor.

Das Komplexe entsteht aus dem Zusammenfassen und dem Neugestalten von bereits Vorhandenem – ein Spiel mit Formen.

Samengedanke – Gedankensame

Nachwort

Weiterentwicklung der Pflanzenmodelle

Biografisches

Seit 1979 habe ich mich regelmässig mit dem faszinierenden Thema «Pflanzenmetamorphosen» beschäftigt. Es war Teil meines Studiums der Biologie, das ich an der landwirtschaftlichen Universität in Wageningen (NL) absolvierte. Ich war auf der Suche nach einem ganzheitlichen Ansatz, was immer das bedeutet. Ich habe Johann Wolfgang von Goethes Arbeit über die Metamorphose der Pflanzen gelesen und einige Unstimmigkeiten festgestellt. Ich habe mich dann intensiv mit der Morphologie befasst, von den Anfängen bei Goethe bis in die Gegenwart hinein. Ich befasste mich mit Arbeiten von Wilhelm Hofmeister, Julius Sachs, Karl Goebel, Wilhelm Troll, Focko Weberling, Wolfgang Hagemann, Hans Albrecht Froebe, Regine Classen-Bockhoff und anderen. 1997 führte dies mit freundlicher Unterstützung von Prof. H. A. Froebe zu einer Veröffentlichung in der wissenschaftlichen Zeitschrift «Acta Biotheoretica» über die Beziehung zwischen Schuppenblatt, Stängelblatt, Staubblatt und Fruchtblatt. Die Grundorgantheorie von Wilhelm Troll wurde hinterfragt und eine Alternative vorgeschlagen.

Die Darstellung der Knospe als eigenständiges Organ und der Vergleich mit der Blütenknospe, eine Arbeit, die 2015 in der Zeitschrift «Elemente der Naturwissenschaft» erschien, haben die Schlussfolgerungen von 1997, von einer anderen Seite kommend, bestätigt.

Mögliche Einwände

Gibt es mögliche Einwände gegen die hier vertretene Auffassung, dass das Fruchtblatt verwandt ist mit der Spreite des Stängelblattes und das Staubblatt mit dem Schuppenblatt? Das bekannte Lehrbuch «Strasburger Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften» (Kadereit, Joachim, W. et al. 2014) weist darauf hin, dass die Fruchtblattbildung zurückzuführen ist auf die Fähigkeit der Pflanze, schildförmige (peltate) Blattspreiten zu bilden. Schildblätter kennt man von der Kapuzinerkresse, aber auch von der Seerose.

Viele Fruchtblätter sind schlauchförmig oder im unteren Teil schlauchförmig und im oberen Teil gefaltet (plikat). Man erhält den schlauchförmigen (ascidiaten) Teil, wenn man bei dem letzten Bilde in der Entwicklungsreihe des Blattes der Kapuzinerkresse (S. 43) sich die Spreitenränder schlauchförmig verlängert vorstellt. Der gefaltete Teil ergibt sich, wenn die Ränder sich berühren und verwachsen. Die hier vertretene Auffassung von der Verwandtschaft der Blattspreite mit dem Fruchtblatt ist allgemein akzeptiert, wird aber nicht hervorgehoben.

Für das Staubblatt ist es nicht anders. Die Blattnatur des Staubblattes ist unbestritten, wie das molekular-genetische ABC-Modell für die Blüte zeigt. Die vielen möglichen Übergangsformen zwischen dem Schuppenblatt, dem Blütenblatt und dem Staubblatt belegen eindrücklich ihre Verwandtschaft. Diese Verwandtschaft ist als solche allgemein akzeptiert. Sie wird nicht reflektiert und nicht in einen grösseren Zusammenhang gesetzt (Schilperoord, Peer 2011).

Freude am Vergleichen

Der Botaniker ist in der ungemütlichen Lage, dass die Gesetzmässigkeiten, die er findet, bzw. die er vorschlägt, auf einer Vielzahl von Beobachtungen beruhen. Es braucht Erfahrung, es braucht das Nachvollziehen des Beobachters, das aktive Vergleichen der Formen, um die Gestaltungsgesetzmässigkeiten zu erkennen und zu erleben. Die Gefahr des voreiligen Urteilens, aufgrund einiger weniger Beobachtungen, ist gross.

Modelle sind unerlässlich, um die grossen Linien nachzuzeichnen. Die Gefahr von Modellen ist, dass sie die Wirklichkeit banalisieren. Der Grundgedanke eines Modells ist leichter erklärt als verstanden. Jedes Modell hat einen Schlüssel, der das Modell in Bewegung setzt. Der Schlüssel zur pflanzlichen Gestalt liegt im Vergleichen. Der Beobachter stellt Vergleiche an. Die Erlebnisse an den eigenen Beobachtungen haben Beweiskraft und bestätigen, modifizieren oder wiederlegen die vorgeschlagenen Modelle. Es ist das Eintauchen in die Welt der Formen, die Freude am Vergleichen, das uns die Pflanzen näherbringt, ein Spiel mit Formen.

Literatur

Bowman, John (Hg.) (1994): Arabidopsis. An atlas of morphology and development. New York, Berlin: Springer.

Froebe, Hans Albrecht; Classen-Bockhoff, Regine (1994): Das trialektische Typuskonzept der botanischen Morphologie. In: Senkenberg-Buch (70), S. 143–167.

Goebel, Karl (1913): Organographie der Pflanzen. Jena: G. Fischer.

Goethe, Johann Wolfgang von (1790): Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären. Gotha: Ettingersche Buchhandlung.

Goethe, Johann Wolfgang von (1817): Die Metamorphose der Pflanzen. In: Zur Morphologie. Stuttgart, Tübingen: J. G. Cotta'schen Buchhandlung.

Goethe, Johann Wolfgang von (1837): Œuvres d'histoire naturelle de Goethe. Comprenant divers mémoires d'anatomie comparée de botanique et de géologie traduits et annotées par Ch. Fr. Marins. Avec un atlas in-folio, contenant les planches originales de l'auteur, et enrichi de trois dessins et d'un texte explicatif sur la métamorphose des plantes, par P. J. F. Turpin. Paris: AB. Cherbuliez.

Goethe, Johann Wolfgang von; Kuhn, Dorothea; Troll, Wilhelm; Wolf, Karl Lothar (1964): Aufsätze, Fragmente, Studien zur Morphologie. Vollst. mit Erl. vers. Ausg. Weimar: Böhlau (Abt. 1 Bd. 10).

Goethe, Johann Wolfgang von (1986): Goethes Briefe. Hamburger Ausg. in 4 Bd. Hrsg. von Karl Robert Mankelow. München: C. H. Beck .

Hagemann, Wolfgang (1970): Studien zur Entwicklungsgeschichte der Angiospermenblätter. In: Bot. Jahrb. Syst. (90), S. 297–413.

Hagemann, Wolfgang (1976): Sind Farne Kormophyten? Eine Alternative zur Telomtheorie. Plant Syst. Evol. (124), S. 251–277.

Hagemann, Wolfgang (1991): The evolution of pteridophytes, new ideas based on the comparative evaluation of the construction of plants. Aspects of Plant Sciences (13), S. 1–20.

Hagemann, Wolfgang; Gleissberg Stefan (1996): Organogenetic capacity of leaves: the significance of marginal blastozones in angiosperms. Pl. Syst. Evol. 199: 121–152.

Hagemann, Wolfgang (2005): Die typologische Methode: ein Schlüssel zu einer organismischen Botanik. In: Volker Harlan (Hg.): Wert und Grenzen des Typus in der botanischen Morphologie. 1 Band. Nümbrecht-Elsenroth: Martina Galunder. S. 81–127.

Hofmeister Wilhelm (1851): Vergleichende Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung höherer Kryptogamen (Moose, Farne, Equisetaceen, Rhizocarpeen und Lycopodiaceen) und der Samenbildung der Coniferen. Leipzig.

Kadereit, Joachim W.; Körner, Christian; Kost, Benedikt; Sonnewald, Uwe (Hg.) (2014): Strasburger – Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften. 37. Aufl. 2014. Berlin: Springer Berlin.

Sachs, Julius (1882): Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig: Wilhelm Engelmann Verlag.

Schilperoord-Jarke, Peer (1997): The concept of morphological polarity and its implication on the concept of the essential organs and on the concept of the organisation of the dicotyledonous plant. Acta Biotheoretica, S. 51–63.

Schilperoord, Peer (2011): Metamorphosen im Pflanzenreich. Lesen im Buch der Verwandlungen. Stuttgart: Verlag Freies Geistesleben. ISBN: 978-3-7725-2391-5

Schilperoord, Peer (2015): Ein neues Modell für die Urpflanze – die mehrjährige Blütenpflanze. Elemente der Naturwissenschaft, 103, S. 28–40.

Schilperoord, Peer (2017): Kulturpflanzen in der Schweiz – Roggen. Alvaneu Dorf: Verein für alpine Kulturpflanzen. DOI: 10.22014/97839524176-e5

Schilperoord, Peer (2017): Kulturpflanzen in der Schweiz – Mohn. Alvaneu Dorf: Verein für alpine Kulturpflanzen. DOI: 10.22014/97839524176-e1

Schleiden, Matthias Jakob (1848): Die Pflanze und ihr Leben. Populäre Vorträge : mit 5 farbigen Tafeln und 13 Holzschnitten. Verlag von Wilhelm Engelmann.

Steiner, Rudolf (1883): In: Goethes Naturwissenschaftlichen Schriften. Hg: R. Steiner. 5 Bände, Berlin und Stuttgart: Verlag von W. Spemann (Bd. 1), S. LXIV.

Studer, Kathrin; Schilperoord, Peer (2015): Blütenhaftes in der Metamorphose der vegetativen Jahreszuwachseinheit der Stiel-Eiche (Quercus robur L.). Elemente der Naturwissenschaft (103), S. 5–27.

Troll, Wilhelm (1937): Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. Erster Band: Vegetationsorgane, erster Teil. Otto Koeltz, Koenigstein-Taunus.

Voigt, Friedrich Siegmund (1817): Grundzüge einer Naturgeschichte, als Geschichte der Entstehung und weiteren Ausbildung der Naturkörper. Mit drei Kupfern. Frankfurt am Main: Heinrich Ludwig Brönner.

Unger, Franz (1852): Botanische Briefe. Wien: C. Gerold & Sohn.

Weberling, Focko (1981): Morphologie der Blüten und Blütenstände. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

Bildnachweis

S. 20/21 Keystone, Bärlappspore, Wurmfarnspore und Föhrenpollen
S. 21 Jan Derksen, Radboud Universiteit Nijmegen, www.bio.science.ru.nl, Haselpollen
S. 23 Wilhelm Barthlott, Keimende Spore eines Wurmfarns
S. 23 Keystone, Pollen
S. 24/25 Wolfgang Hagemann, Zeichnungen
S. 27 Franziska Fahrni-Habegger, Aquarell, und Peer Schilperoord, Konzept
S. 28 Friedrich Siegmund Voigt (Bayerische Staatsbibliothek bvb: 12-bsb10076691-2), Urpflanze
S. 28 Pierre Jean François Turpin (47587.95* PF, Houghton Library, Harvard University), Urpflanze
S. 28 Franz Unger, Urpflanze
S. 28 Rudolf Steiner, Urpflanze
S. 29 Matthias Jakob Schleiden (ETH-Bibliothek Zürich, Rar 3364, http://doi.org/10.3931/e-rara-16978), Urpflanze
S. 29 Wilhelm Troll, Urpflanze
S. 29 Regine Classen-Bockhoff und Hans Albrecht Froebe, Urpflanze
S. 30 Elisabeth Höll, Christrose
S. 30 Wikipedia GNU 3.0, Walderdbeere
S. 30/31 Franziska Fahrni-Habegger, Aquarell, und Peer Schilperoord, Konzept
S. 32 Kathrin Studer, Rhododendron, junger Zweig
S. 33 Franziska Fahrni-Habegger, Aquarell, und Peer Schilperoord, Konzept
S. 36 Beat Ernst, Basel, Pfingstrosen
S. 37 Goethe und Schiller Archiv (GSA_26_LIV, 8) Rosskastanie, Aquarell
S. 40 Kathrin Studer, Längsschnitt Bergahorn
S. 41 Kathrin Studer, Querschnitt Spitzahorn
S. 42/43 Wolfgang Hagemann, REM-Fotos
S. 43 Forest & Kim Starr, Schildblatt Kapuzinerkresse
S. 44/45 Wolfgang Hagemann, Zeichnungen
S. 46/47 Evelyn Lengler, Zeichnungen
S. 49 Goethe und Schiller Archiv, handschriftliche Texte Goethe (GSA_26_LIV,5)

Alle andere Abbildungen Peer Schilperoord.

Dank

Besonderer Dank geht an
Andrea Schilperoord für Anregungen, Korrekturen und Rückhalt

Ich danke im Weiteren
Helene Elmer
Heimatmuseum Davos
Hanspeter Schumacher
Nicolas Robin
Volker Wissemann
Schweizerische Botanische Gesellschaft
Edith Barmettler

Vielen Dank an die Sponsoren
Amt für Kultur, Graubünden
Boner Stiftung
Botanischer Garten St. Gallen
Ernst Göhner Stiftung
Fondation Petersberg pro planta et natura
Freunde der Anthroposophie Graubünden
Gemeinde Albula / Alvra
Heimatmuseum Davos
Graubündner Kantonalbank GKB
Willi und Annemarie Meier-Joos
Niarchos Stiftung
Oscar Neher Stiftung
Pastora Stiftung
Verein für alpine Kulturpflanzen

Impressum
«Pflanzenvielfalt – ein Spiel mit Formen»
Broschüre zur gleichnamigen Wanderausstellung
Peer Schilperoord (Hg.)
2018

Konzept und Texte Peer Schilperoord
Abbildungen siehe Bildnachweis S. 55
Gestaltung und Satz Ilaria Curti und Esther Schreier, Basel
Druck Print Media Works, Schopfheim, D
Papier Bilderdruck mattgestrichen, FSC-zertifiziert,
135 g/m² (Inhalt), 250 g/m² (Umschlag)
Auflage 200 Expl.

Kontakt und Bezug Peer Schilperoord
Voia Gonda 1, CH-7492 Alvaneu Dorf, +41 81 404 22 29
schilperoord@bluewin.ch, www.urpflanze.ch

Pflanzenvielfalt – ein Spiel mit Formen
Broschüre zur gleichnamigen Wanderausstellung
Peer Schilperoord (Hsg.) 2018
56 Seiten, 95 Abbildungen

Diese Begleitbroschüre enthält sämtliche Bilder und Texte der Wanderausstellung und ist ergänzt mit kurzen Zwischenkapiteln, die den grossen thematischen Bogen schliessen.

Aus dem Inhalt
Lebermoose und Getreide
Sporen und Pollen
Modell einer einjährigen Pflanze
Modell einer mehrjährigen Pflanze
Blattreihenmodell
Knospe
Geburt des Blattes
Metamorphosen

Die Broschüre zeigt auf anschauliche Art die Grundgestalt der Pflanze. Der Text ist einfach gehalten. Wissenschaftliche Bezeichnungen, die die Sicht auf die Pflanze verdecken, werden vermieden.
Die Ausstellung und die Broschüre regen zum Selberschauen an.

Kontakt und Bezug
Peer Schilperoord, Biologe
Voia Gonda 1, CH-7492 Alvaneu Dorf, +41 81 404 22 29
schilperoord@bluewin.ch, www.urpflanze.ch