

## II. Allgemeine Morphologie der Phanerogamen.

### § 1. Allgemeines über die äußeren Organe der Phanerogamen.

An den meisten phanerogamen Pflanzen findet man zur Blütezeit derselben als leicht zu unterscheidende, auch dem Laien sofort auffallende Organe die Wurzeln, den Stamm, die Laubblätter und die Blüten.

Die eingehende wissenschaftliche Betrachtung dieser Organe bei den verschiedenartigsten Pflanzen lehrt, daß Wurzeln, Stämme (besser Achsen genannt) und Laubblätter bei den allermeisten Pflanzen ganz gleiche Eigenschaften besitzen, so daß wir Merkmale aufstellen können, nach denen die drei Organe in den meisten Fällen leicht voneinander zu unterscheiden sind. Wurzeln, Achsen und Laubblätter, deren Eigenschaften solche sind, die den meisten dieser Organe zukommen, nennt man normale (typische) Wurzeln, Achsen oder Laubblätter.

Gegenüber diesen einfachen Organen der Pflanze, erscheint bei wissenschaftlicher Betrachtung die Blüte als ein aus verschiedenen einfachen Organen zusammengesetztes Organ, welches nicht in Parallele mit Achse, Wurzel und Blatt zu stellen ist. Es zeigt sich, daß die Blüte aus einer Achse, aus laubblattähnlichen Gliedern (Kelch-, Blüten-, Staub-, Fruchtblättern) und aus zwei von den bisher genannten in ihren Eigenschaften völlig verschiedenen und leicht zu definierenden Organen, den Pollenkörnern und den Samenknospen, zusammengesetzt ist.

#### 1. Die fünf wichtigsten Organe der Phanerogamen.

Es hat sich danach als zweckmäßig für die wissenschaftliche Betrachtung der Phanerogamen herausgestellt, fünf wesentlich voneinander verschiedene Hauptorgane (wichtigste Organe) in den Vordergrund der morphologischen Betrachtung zu stellen. Diese sind: a) Wurzel, b) Achse (Stamm oder Stengel), c) Laubblatt, d) Pollenkorn, e) Samenknospe.

Wenn wir uns nach charakteristischen Kennzeichen und Unterscheidungsmerkmalen dieser fünf Organe der Phanerogamen umsehen, so ist zuerst zu betonen, daß diese, sollen sie einigermaßen durchgreifend sein, vom allgemeinen botanischen Standpunkte gegeben werden müssen.

Von diesem Standpunkte aus lassen sich danach folgende wichtigste Kennzeichen für die fünf wichtigsten äußeren Organe der Phanerogamen aufstellen, welche also auch bei der Betrachtung und Charakterisierung der Drogen zuerst zu benutzen sind, nach welchen man zuerst zu bestimmen hat, ob eine Droge eine Wurzel, eine Achse, ein Laubblatt genannt werden muß oder mehrere dieser Organe enthält. Samenknospe und Pollenkorn kommen bei den Drogen nur insofern in Betracht, als sie einen Bestandteil der Blüte bilden.

a) Die normale Wurzel (Hauptwurzel oder Nebenwurzel) ist ein cylindrisches Gebilde. Ihr Vegetationspunkt liegt an der Spitze, ist aber bedeckt von einer Wurzelhaube. Sie besitzt in ihrem primären Zustande stets einen charakteristischen anatomischen Bau (Radiales Gefäßbündel, Endodermis, primäre Rinde, Wurzelhaare etc.). Sie trägt niemals Blätter. Ihre Zweige entstehen stets endogen. Die Wurzel ist positiv geotropisch. Ihre physiologische Funktion besteht in erster Linie, solange sie sich im primären Zustande befindet, in der Aufsaugung der Bodennahrung, später dient sie, wie die Achse, nur als Leitungsorgan für die Bodenflüssigkeit und die von den Blättern erzeugten Nährstoffe. In zweiter Linie dient die normale Wurzel zur Befestigung der Pflanze im Boden.

b) Die normale Achse ist gleichfalls ein cylindrisches Gebilde. Sie besitzt einen frei an der Spitze liegenden Vegetationspunkt. Ihr anatomischer Bau ist im primären Zustande charakteristisch und weicht von dem der Wurzel weit ab. Die Zweige der Achse entstehen stets exogen aus oberflächlich gelegenen Zellschichten des Mutterorgans. Die normale Achse erzeugt und trägt Blätter. Die physiologische Funktion der Achse besteht hauptsächlich in der Leitung aller Nährstoffe nach den Organen, welche sie trägt (z. B. Wurzeln, Blätter, Samenknospe).

c) Das normale Laubblatt ist ein flächenförmig ausgebreitetes Gebilde. Der Vegetationspunkt des Laubblattes liegt nicht an der Spitze desselben, vielmehr bilden sich die Zellen an der Spitze des Blattes frühzeitig aus, während an der Basis des Blattes die Zellvermehrung und das Zellwachstum längere Zeit fort dauert. Die Anatomie des Laubblattes ist eine charakteristische. Die Zweige der Blätter entstehen wie die der Achse exogen. Das Laubblatt erzeugt und trägt keine Achsen. Die physiologische Funktion des Laubblattes besteht hauptsächlich in der Assimilation des Kohlenstoffes; es ist das wichtigste Assimilationsorgan der Pflanze.

d) Das Pollenkorn ist ein kugelförmiges, seltener cylindrisches, nur aus zwei oder mehreren von einer gemeinsamen derben Haut umschlossenen Zellen bestehendes Gebilde, welches die zur Befruchtung der Eizelle dienende männliche Geschlechtszelle erzeugt. Die Pollenkörner entstehen meist im Innern des Gewebes blattartiger Organe (in anormalen Fällen im Innern von Achsenorganen).

e) Die Samenknospe ist ein sehr kleines, rundliches, aus hauptsächlich meristematischem Gewebe bestehendes Gebilde, in welchem die Eizelle entsteht. Sie bildet sich entweder an Achsen oder an Blattorganen, stets exogen. Die Samenknospe entwickelt sich nach

der Befruchtung zum Samen, die Eizelle der Samenknospe zum Embryo. Pollenkorn und Samenknospe kann man als hauptsächliche, geschlechtliche Fortpflanzungsorgane zusammenfassen und den hauptsächlichen Vegetationsorganen, den Wurzeln, Blättern und Achsen gegenüberstellen.

## 2. Übergangsformen zwischen den Hauptorganen der Phanerogamen.

Versucht man nach den angegebenen Eigenschaften der normalen Organe der phanerogamen Pflanzen alle Organe der äußerst zahlreichen Arten dieser Pflanzengruppe zu bestimmen, so findet man, daß es, wenn auch selten, doch auch Organe giebt, welche weder zu den normalen Wurzeln noch zu den normalen Achsen oder Laubblättern gerechnet werden können, da ihnen Eigenschaften zweier oder dreier dieser Hauptorgane zugleich zukommen. So z. B. giebt es Gebilde, welche die physiologische Funktion der Assimilation des Kohlenstoffes besitzen, welche in ihrer äußeren Gestalt den Laubblättern gleichen, welche auch den anatomischen Bau von Blättern besitzen können, oder auch den von Achsen, aber Blüten, also Achsen erzeugen. Derartige Übergangsformen hat man Phyllocladien genannt. Man findet sie z. B. bei manchen Kakteen, Euphorbiaceen, Liliaceen und Koniferen. Ebenso giebt es Organe, welche die meisten Eigenschaften der Wurzeln besitzen und doch die physiologische Funktion der Laubblätter haben, so z. B. finden wir solche bei *Angrecum funale*, einer Orchidee u. s. w.

Erwähnt mag hier noch sein, daß bei *Neottia nidus avis* einzelne der mit Wurzelhaube versehenen Wurzeln über den Boden treten und dort unter Abwerfung der Wurzelhaube und Anlage von Blättern zu einer beblätterten Achse werden können.

## 3. Aus normalen Anlagen der Hauptorgane hervorgehende, von den Hauptorganen in äußerem, innerem Baue oder Funktion abweichende Organe.

### Umgestaltete Hauptorgane.

Als eine sehr häufige Erscheinung findet man an den phanerogamen Pflanzen Organe, welche in ihrer Entwicklungsgeschichte, ihrer relativen Stellung an der Pflanze und ihrem inneren und äußeren Baue bis zu einem gewissen Zeitpunkte ihrer Entwicklung einem oder dem anderen Hauptorgane der Pflanzen gleichen, dann aber entweder auf einem niederen Standpunkte der Entwicklung stehen bleiben oder in einer eigenartigen Weise ihre Entwicklung fortsetzen, um sich zu Organen auszubilden, welche schließlich von allen Hauptorganen in vielen und neuen Eigenschaften abweichen. Derartige Gebilde nennt man umgestaltete oder metamorphosierte Hauptorgane.

a) Umgestaltete Wurzeln. Die Wurzelanlagen sind so charakteristisch in ihrem Baue, daß wir fast nie im Zweifel sein können, ob eine betreffende Organanlage Wurzelanlage ist und daß das daraus weiter hervorgehende Organ also als umgestaltete Wurzel zu betrachten ist. Die Umgestaltung kann schon vor der Fertigstellung des normalen primären Baues beginnen, wie z. B. bei der Orchisknolle, oder nach Fertigstellung, wie z. B. bei der Knolle von *Ranunculus ficaria*, oder auch erst während

des sekundären normalen oder anormalen Dickenwachstums (Calumbawurzel und Jalapenwurzel. Siehe dort die Abbildungen.) Die häufigste und einfachste Form der Wurzelumgestaltungen ist diejenige, welche man als Wurzelknolle bezeichnet. Wurzelknollen sind im allgemeinen anormal stark knollenförmig verdickte Wurzeln, welche als Reservestoffbehälter dienen, wobei meist die Verdickung des Organes auf anormal starker Entwicklung der parenchymatischen Elemente in den verschiedenartigsten Regionen der im primären oder sekundären Zustande befindlichen Wurzel zurückzuführen ist. Als Beispiel für die Wurzelknollen kann die in Figur 1a dargestellte Knolle von *Orchis purpurea* dienen. Die Wurzelknollen sind mit den normalen Wurzeln durch Übergänge, die fleischig verdickten oder rübenförmigen Wurzeln etc., verbunden. Eigentümliche, durch Funktion und anatomischen Bau, von den normalen Wurzeln etwas abweichende Wurzelumgestaltungen sind die Luftwurzeln vieler Orchideen, Arroiden u. s. w. und die Haftwurzeln und Kletterwurzeln, die Atmungswurzeln (z. B. von *Avicennia*, *Sonneratia*), die Schwimmwurzeln (z. B. bei *Jussiaea*). Ferner gehören hierher die endogen entstehenden Saugwurzeln (Haustorien) mancher Parasiten. Auch zu Dornenwurzeln können die Wurzelanlagen sich ausbilden, wie wir sie z. B. bei Species von Palmengattungen, *Acanthoriza* und *Iriarteia*, finden.

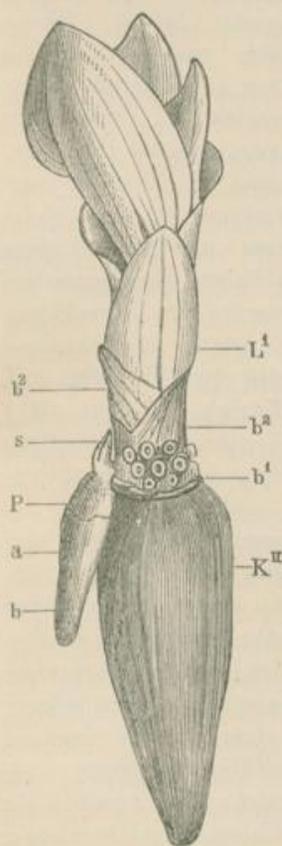


Fig. 1a.

Am 19./12. geerntete Pflanze von *Orchis purpurea* mit alter ( $K^I$ ) und junger (a) Wurzelknolle.  $L^1$  jüngstes Laubblatt,  $b^1$  und  $b^2$  Scheidenblätter (Niederblätter). (Arth. Meyer gez.)

b) Umgestaltete Achsen. Auch die Achsen können zuerst, oft unter mehr oder weniger weitgehender Verkümmern der an ihnen sitzenden Blätter, zu Knollen umgewandelt werden. Eine solche Achsenknolle ist z. B. die Kartoffel, welche das verdickte Ende einer mit sehr kleinen Schuppenblättern besetzten, unterirdisch wachsenden Achse ist, ferner die Knolle von *Smilax China* (*Radix Chinae*,

Fig. 2), welche die verdickte Basis einer Achse ist, von *Arum maculatum*, von *Crocus sativus*. Als Übergänge von den normalen Wurzeln zu den Achsenknollen sind die fleischig verdickten Rhizome (z. B. von *Iris*)

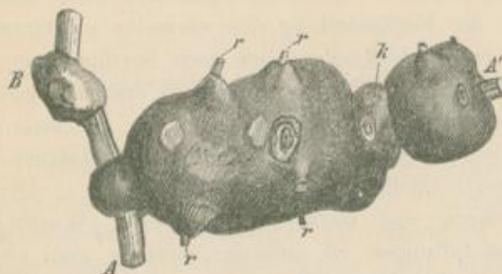


Fig. 2.

Achsenknolle von *Smilax China L.* A relative Hauptachse, A' oberer, nicht verdickter Teil des sonst abgeschnittenen Zweiges der Achse A. r Wurzeln, k Knospen des verdickten, unteren Teiles der unterirdischen Achse A'.  
(Abbildung aus Archiv d. Pharmacie, 1881.)

zu betrachten, welche ebenso wie die Knollen als Reservestoffbehälter dienen. Unter Rhizom versteht man eine unterirdische, Blattorgane tragende Achse. Häufig werden auch Achsen zu Dornen z. B. bei *Gleditsia triacantha L.*, ferner zu Ranken, z. B. bei *Passiflora*. Es mag noch bemerkt sein, daß es gelingt, auch solche Achsen einer knollenbildenden Pflanze, die in normalem

Verlauf der Entwicklung niemals zu Knollen werden, zu veranlassen, daß sie sich zu Knollen umwandeln. So z. B. gelang es Vöchting durch Verdunkelung der oberirdischen Achsenteile der Kartoffel, die Achsen junger Seitenknospen der oberirdischen Zweige, die also unter normalen Verhältnissen zu gewöhnlichen, mit Laubblättern besetzten, schlanken Zweigen geworden wären, zur Umwandlung in Knollen zu veranlassen.

e) Umgestaltete Laubblätter. Die verschiedenartigsten und wichtigsten Umgestaltungen erfahren die Laubblätter, das heißt also, wie schon angedeutet, meristematische Anlagen, welche ihrer Stellung, ihrer Anatomie, dem inneren und äußeren Bau ihrer ersten Entwicklungsstadien nach sich wie die Anlagen, welche wirklich zu normalen Laubblättern werden, verhalten, bleiben in sehr häufigen Fällen entweder auf einer niederen Entwicklungsstufe stehen oder entwickeln sich in einer von der normalen Form abweichenden Weise weiter. Die Blätter: Die wichtigsten Umgestaltungen der Laubblätter sind diejenigen, welche wir zweckmäßig wegen ihrer noch sehr nahen entwicklungsgeschichtlichen und anatomischen Beziehung zu den normalen Laubblättern als Blattorgane oder einfach als Blätter mit den Laubblättern zu einer engeren Organgruppe zusammenfassen. Es sind dies die Keimblätter, die Nieder- und Hochblätter, die Kelch- und Kronenblätter, die Staubblätter und die Fruchtblätter. Die Keimblätter, Niederblätter, Hochblätter, aber auch die Kelchblätter, Kronenblätter und Fruchtblätter können einen sehr verschiedenen morphologischen und anatomischen Bau besitzen, welcher aber fast immer dem der jüngeren oder älteren Laubblätter nahe verwandt ist. Als die hauptsächlichsten Merkmale für diese Organe hat man ihre relative Stellung an der Pflanze und ihre Funktion gewählt. Besser sind durch ihren Bau die Staubblätter charakterisiert, welche in ihrer fertigen Gestalt von den Laubblättern am

meisten unter allen Blattorganen abweichen. Was man unter den verschiedenen Bezeichnungen der Laubblätter-Umwandlungen zu verstehen hat, ist kurz folgendes:

*α*) Normale Keimblätter (Kotyledonen) sind die schon im Samen relativ weit entwickelten ersten Blattorgane der Pflanze, welche entweder selbst als Reservestoffbehälter für die junge Pflanze dienen oder als Saugorgane ausgebildet sind, welche die Nährstoffe des Endosperms aufnehmen, übrigens sehr verschiedene Gestalt und Anatomie aufweisen können (z. B. das Scutellum der Gräser). *β*) Niederblätter werden die meist schuppenförmigen, farblosen oder braunen, seltener grünen Blattorgane genannt, welche häufig zwischen den Keimblättern und den Laubblättern an der ersten Achse der Pflanzen ausgebildet sind, oder auch an Zweigen der ersten Achse der Pflanze unterhalb der Laubblätter. Niederblätter sind häufig ganz rudimentäre, funktionslose Blattorgane, z. B. die Scheidenblätter an den Rhizomen von *Cureuma*, oder sie sind Schutzorgane für junge Organe der Pflanze, so z. B. die Schuppenblätter der Knospe der Fohlkastanie (siehe Fig. 13, *s s*) oder die Schuppenblätter der Laubknospen von *Gentiana lutea*, oder auch Reservestoffbehälter, wo sie dann fleischig werden, z. B. die fleischigen Schuppenblätter von *Dentaria digitata* L. *γ*) Hochblätter werden die den Niederblättern morphologisch und anatomisch ähnlichen, jedoch fast immer grün oder auch kronenblattähnlich gefärbten Blattorgane genannt, welche zwischen der Laubblattregion und den Blüten der Pflanzen eingeschaltet sind. Sie dienen als Schutzorgane der Blüten, teilweise auch zur Erhöhung der Auffälligkeit des Blütenstandes und dadurch zur Anlockung befruchtender Insekten. Hochblätter sind auch die Spathae der Araceen etc., die Paleae der Gramineen und Cyperaceen. Als Involukrum bezeichnet man eine dichte Zusammenstellung von Hochblättern unter der Blüte oder dem Blütenstande. Die Hochblätter erfahren häufig auch besondere Umgestaltungen zu Honigapparaten (Nektarien der *Maregraviaceen*), zu Flugapparaten (*Tilia*, *Carpinus* u. s. w.) *δ*) Als Perigon-, Kelch- und Kronenblätter bezeichnet man die Blattorgane der Blüte, welche die Staubblätter und Carpel umhüllen. Besteht die Blütenhülle aus gleichartigen Blättern, so nennt man die Blätter Perigonblätter, besteht sie aus zwei verschiedenartigen Blattorganen, so nennt man die äußeren Kelchblätter, die inneren Kronenblätter. *ε*) Die Staubblätter sind die Blattorgane, in welchen die Pollenkörner entstehen. *ζ*) Die Fruchtblätter (Carpelle) sind die oberhalb der Staubblätter an der Achse stehenden Blattorgane, welche sich am Aufbau des Perikarps beteiligen und meist die Samenknospen tragen.

Andere Umgestaltungen der Laubblätter. Außer den hier als Blätter zusammengefaßten Umgestaltungen des Laubblattes finden sich, allerdings viel seltener, auch noch andere. So kann sich z. B. die Blattanlage ganz oder teilweise zu einer Ranke umgestalten (*Lathyrus Aphaca*), ferner zu einem Dorn (*Berberis vulgaris*). Auch die Kannen von *Nepenthes*

gehören hierher. Die Umgestaltung zu Nektarien und zu Flugapparaten haben wir schon oben erwähnt.

#### 4. Die Nebenorgane der Phanerogamen.

Außer den 5 Hauptorganen der phanerogamen Pflanzen und den genannten Umwandlungen finden wir noch eine Reihe an der äußeren Gliederung der Pflanze teilnehmender, nicht aus Anlagen der Hauptorgane hervorgehender Organe, welche als Anhängsel der Hauptorgane zu betrachten sind und verschiedenartigen aber meist einfachen Bau und eine verschiedenartige Entwicklungsgeschichte besitzen. Dazu sind zuerst die Haare, Zotten und Stacheln zu rechnen, welche als Schutzorgane der Pflanze dienen, ferner manche Nektarien und noch einige andere, gewöhnlich in den Lehrbüchern der Anatomie besprochene kleine Organe der Pflanze.

Diese kurze Charakteristik der wichtigsten Organe wird genügen, um einen allgemeinen wissenschaftlichen Überblick über dieselben zu geben und ihre Beziehungen zu einander klar zu legen, welche auch bei der späteren Betrachtung der einzelnen Drogen und ihres Baues im Auge behalten werden müssen.

### § 2. Die äußeren Organe als Glieder der Pflanze.

Bei Betrachtung der Gestalt und der Stellung der Organe der Pflanze läßt man zweckmäßigerweise deren Bedeutung als Organe (Funktion etc.) ganz außer acht und bezeichnet und betrachtet sie einfach als Glieder der Pflanze, als Gebilde, deren Gestalten und Stellung die Form der ganzen Pflanze bedingen. Organe gleichen Namens bezeichnet man als gleichartige Glieder, Organe ungleichen Namens als ungleichartige Glieder. Wurzeln und Blätter sind z. B. ungleichartige, alle Laubblätter und deren Umwandlungen sind gleichartige Glieder. Unsere Aufgabe wird nun sein, die Lage der ungleichartigen Glieder, also der Achsen, Blätter, Wurzeln und Samenknospen zu einander am Pflanzenkörper, die Stellung gleichartiger Glieder zu einander und die durch die Verbindung der verschiedenen Glieder entstehenden zusammengesetzten Glieder (Sproß, Blüte etc.) des Pflanzenkörpers kennen zu lernen. Diese Art der Betrachtung ist deshalb vorteilhaft, weil eine ganze Reihe von morphologischen Erscheinungen allen Organen der Pflanze gemeinsam ist und so für alle zugleich abgehandelt werden kann.

#### 1. Die Verzweigung der Glieder der Phanerogamen.

Die Glieder der Pflanze sind im stande, sich zu verzweigen. Wir verstehen unter Verzweigung eines Gliedes die Erscheinung, daß dasselbe

an sich selbst gleichartige Glieder erzeugt. So z. B. vermag eine Wurzel in ihrem Innern neue Wurzelanlagen zu bilden, welche die Mutterwurzel durchbrechen und seitliche Anhängsel derselben darstellen; diese neuen

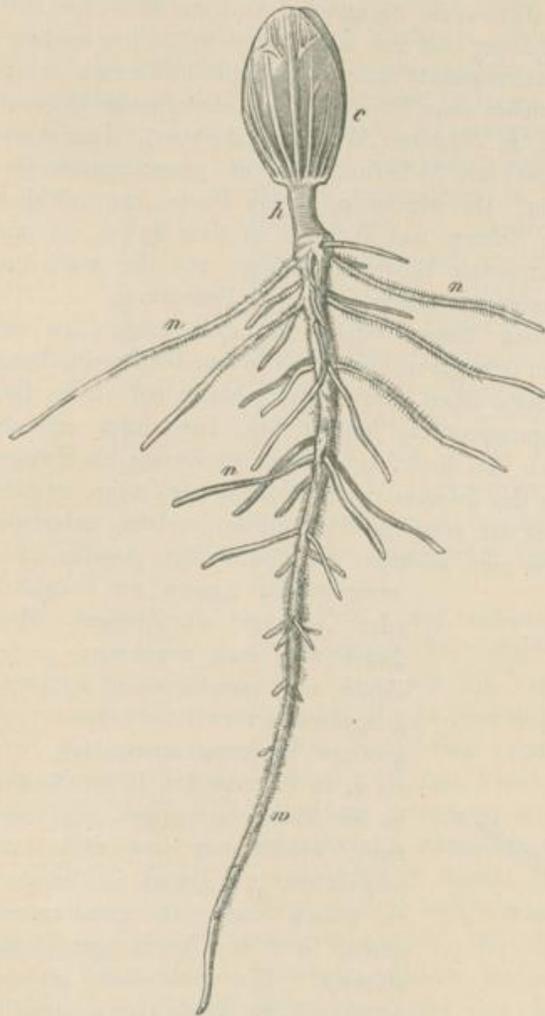


Fig. 3.

Keimpflanze der Kürbis- (Cucurbita pepo). *w* Hauptwurzel; *n* Zweige der Hauptwurzel; *h* hypokotyles Glied; *c* Kotyledonen. (Nach Sachs).

Wurzeln (*n* Fig. 3) nennt man Zweige der Mutterwurzel (*w* Fig. 3). Ebenso vermag eine Achse sich zu verzweigen, indem sie Seitenachsen treibt, ein Blatt, indem es Blattabschnitte erzeugt. Für die Gestalt der durch Verzweigung eines Gliedes entstehenden Verzweigungssysteme ist zuerst die Entwicklungsfolge der Zweige der Glieder von Bedeutung. Die Glieder der Pflanze, welche an der Spitze weiter wachsen, also die normalen Achsen und Wurzeln unserer Pflanzen, erzeugen auch normaler Weise die Anlagen der Zweige an der Spitze und zwar so, daß der jüngste Zweig der jungen, wachsenden Spitze immer am nächsten steht, die ältesten der älteren Basis des Gliedes (siehe die Wurzel der Keimpflanze Fig. 3). Man hat diese progressive Entwicklungsfolge der Zweige kurz die akropetale genannt. Bei den Blättern, bei welchen die haupt-

sächlichste Zellvermehrung mehr an der Basis stattfindet, sodaß dort eine, zwischen Spitze und Basis liegende, Meristemzone (ein intercalarer Vegetationspunkt) längere Zeit erhalten bleibt, findet ebenfalls eine progressive Entwicklung der Zweige (das heißt eine solche, daß die jüngsten Zweige stets in der Nähe des Vegetationspunktes stehen) statt, aber dieselbe ist in normalen Fällen bezogen auf die ganze Blattanlage eine basipetale, d. h. die jüngsten Zweige des Blattes finden sich in der Nähe

der Basis des Blattes, die ältesten in der Nähe der Spitze. Außer der progressiven Entwicklung der Zweige eines Gliedes, die also entweder akropetal oder basipetal sein kann, kommt noch eine andere bei niederen Gewächsen (z. B. *Dietyota dichotoma*, *Selaginella*) vor, die dichotome Entwicklung von Zweigen. Bei dieser teilt sich die äußerste Spitze des wachsenden Gliedes (also der Vegetationspunkt) in zwei ganz gleiche Zweige, indem das wachsende Glied als solches seine Existenz vollkommen aufgibt (auch Teilung in mehrere Zweige, in derselben Weise, ist denkbar). Dichotome Entwicklung der Zweige ist mit Sicherheit für die phanerogamen Gewächse nicht nachgewiesen. Da wir es in diesem Buche hauptsächlich mit normalen verzweigten Achsen und Wurzeln zu thun haben, so sind für uns die progressive, akropetale Entwicklungsfolge und die nach derselben entstehenden Verzweigungssysteme allein von Bedeutung.

Ehe wir die Betrachtung dieser Systeme beginnen, müssen wir uns erst mit einigen Ausdrücken bekannt machen, welche man bei Beschreibung derselben benutzt. Das älteste Glied, dessen Betrachtung wir in die Beschreibung eines Verzweigungssystems hineinziehen, bezeichnen wir als relatives Hauptglied, die von ihm direkt entspringenden Zweige als Zweige erster Ordnung, die Zweige des Zweiges erster Ordnung als Zweige zweiter Ordnung u. s. w. Das Stück des relativen Hauptgliedes, welches unterhalb eines Zweiges steht und bis zum nächsten tieferen Zweige gleicher Ordnung reicht, nennen wir Fußstück

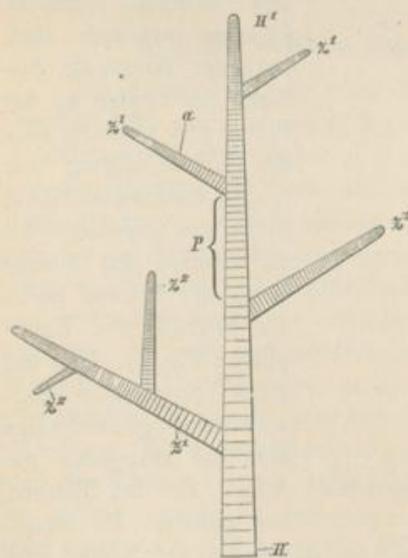


Fig. 4.

Schema einer monopodial verzweigten Achse.  
H bis H¹ relatives Hauptglied. Z¹ Seitenzweige  
erster, Z² Seitenzweige zweiter Ordnung.  
P Fußstück (podium) des Zweiges Z¹a.

zweigungsformen kommen dadurch zu stande, daß das Hauptglied oder bestimmte Seitenzweige nach bestimmter Zeit in ihrem Wachstum gegen-

ung reicht, nennen wir Fußstück oder „podium“ des Zweiges. Man findet nun eine ungeheuer große Reihe von verschiedenen Verzweigungsformen verwirklicht, wenn man größere Verzweigungssysteme, wie sie z. B. in manchen Blütenständen in der Natur vorkommen, ins Auge fasst, welche sich aber schließlich (soweit sie, wie gesagt in Betracht zu ziehen sind) alle ganz naturgemäß aus der Verzweigungsform ableiten, die sich bei gleichmäßiger Entwicklung aller progressiv und akropetal entstehenden Zweige der verschiedenen Ordnung einer Hauptachse bildet, also derjenigen, deren Schema in Fig. 4 gegeben ist. Ein derartiges Verzweigungssystem finden wir z. B. in dem Achsen-system der Tanne vorzüglich durchgeführt. Diese abgeleiteten Verzweigungsformen kommen dadurch zu stande, daß das Hauptglied oder bestimmte Seitenzweige nach bestimmter Zeit in ihrem Wachstum gegen-

über anderen Zweigen zurückbleiben oder auch ganz aufhören zu wachsen oder absterben. Es sind vorzüglich zwei Arten von Verzweigungssystemen zweckmäßigerweise zu unterscheiden, die monopodialen und sympodialen. Bei den monopodialen Verzweigungssystemen ist das augenscheinliche Hauptglied des Systems in der That das einzige Hauptglied des Systems, bei den sympodialen ist das augenscheinliche Hauptglied des Systems aus Fußstücken der Zweige verschiedener Ordnung zusammengesetzt. Zu den

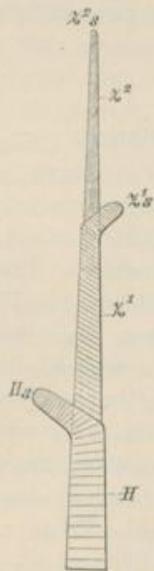


Fig. 5.  
Schema eines sympodial verzweigten Gliedes.  $H$  bis  $Hs$  relatives Hauptglied.  $Hs$  Spitze des Hauptgliedes.  $Z^1$  primärer,  $Z^2$  sekundärer Zweig. Das scheinbare Hauptglied des sympodialen Systems ist aus dem Fußstücke  $H$  des Zweiges  $Z^1$ , aus dem Fußstücke  $Z^1$  des Zweiges  $Z^2$  und aus dem Zweige  $Z^2$  zusammengesetzt.

monopodialen Verzweigungssystemen würde also das in Fig. 4 abgebildete gehören, während das Schema für ein sympodiales in Fig. 5 gegeben ist. Dabei bedeutet  $H$  das relative Hauptglied,  $Hs$  dessen Spitze, welche sich nur wenig weiter entwickelt hat und zur Seite gedrängt ist,  $Z^1$  den Seitenzweig erster,  $Z^2$  den Seitenzweig zweiter Ordnung. Sympodiale Verzweigungssysteme kommen hauptsächlich häufig bei den Rhizomen vor, deren oberirdische Achsen absterben, und deren Seitenzweige dann ihr Fußstück bald in der Entwicklung erreichen. So z. B. ist das Ingwerrhizom ein (schraubelartig entwickeltes), sowie das Rhizom der die Sarsaparille liefernden Smilaxarten ein (wickelartig ausgebildetes) Sympodium.

Von einem anderen Gesichtspunkte, welcher hauptsächlich bei den Blütenständen Anwendung fand, lassen sich die Verzweigungssysteme einteilen in 1) botrytische (racemöse) und 2) cymöse, zwischen welchen Kategorien es zahlreiche Übergänge giebt. Unter die cymösen Verzweigungssysteme werden alle diejenigen gerechnet, deren Hauptglied (potentiell) unbeschränkt wächst und Zweige in unbeschränkter (unbestimmter) Anzahl und akropetaler Folge erzeugt, welche sich wiederum in gleicher Weise verzweigen können. Zu diesen (stets monopodialen) Systemen gehören die als Traube, Ähre (Kolben, Kätzchen, Zapfen sind Ährenformen), Dolde, Köpfchen kurz bezeichneten Verzweigungssysteme, welche sich nur durch die verschiedenen Längen der Fußstücke und Zweige voneinander unterscheiden. Dagegen sind die cymösen Systeme dadurch charakterisiert, daß bei ihnen die Anzahl der entstehenden Zweige beschränkt ist, das Hauptglied sein Wachstum bald einstellt und bei weiterer Verzweigung der Zweige das gleiche Verhalten weiter fortgesetzt wird. Dazu gehören monopodiale und sympodiale Systeme. Man kann die cymösen Systeme weiter einteilen, je nachdem viele, zwei oder nur ein Zweig von der Hauptachse abgeht, in Pleiochasien, Dichasien und Monochasien, unter welche wieder eine ganze Reihe von

Unterformen gehören, denen die Systematiker besondere Namen gegeben haben.

Für die verschiedenen Formen der Blattverzweigung wenden die Systematiker ebenfalls besondere kurze Namen an. So z. B. nennt man ein Blatt, welches abgesehen von der Entwicklungsfolge seiner Glieder ein einfaches dichasiales Verzweigungssystem vorstellt, ein gedreites Blatt, geht die Trennung der Zweige nicht soweit, ein dreilappiges Blatt; verzweigte Blätter, welche sich von den dreiteiligen nur dadurch unterscheiden, daß sie statt zwei mehrere Seitenzweige tragen, unparig gefiederte Blätter u. s. w.

## 2. Die Anordnung der Glieder an der Pflanze.

Ein Glied der Pflanze kann lauter gleichartige Glieder tragen, eine Wurzel also z. B. nur Wurzelzweige oder auch ungleichartige unverzweigte oder verzweigte und sogar verschiedene Glieder nebeneinander, wie z. B.

eine Achse, welche Blätter trägt oder Blätter und Wurzeln. Wie man die Glieder, welche Zweige tragen, diesen Zweigen gegenüber als Hauptglied bezeichnet, so geschieht dies auch gegenüber den ungleichartigen Gliedern, welche ein Glied trägt. Trägt z. B. eine Achse Blätter, so bezeichnet man die Achse als relatives Hauptglied, die Blätter aber bezeichnet man als Seitenglieder des letzteren. Trägt ein Glied Zweige oder andere Seitenglieder (auch die Zweige einer Achse werden im allgemeinen als Seitenglieder derselben bezeichnet), so bestehen zwischen dem Hauptgliede und den Seitengliedern gewisse Beziehungen, deren Bezeichnung wir zuerst kennen lernen müssen. Die Fläche, welche an einem Hauptgliede von einem Seitengliede bedeckt wird, nennen wir Insertions-

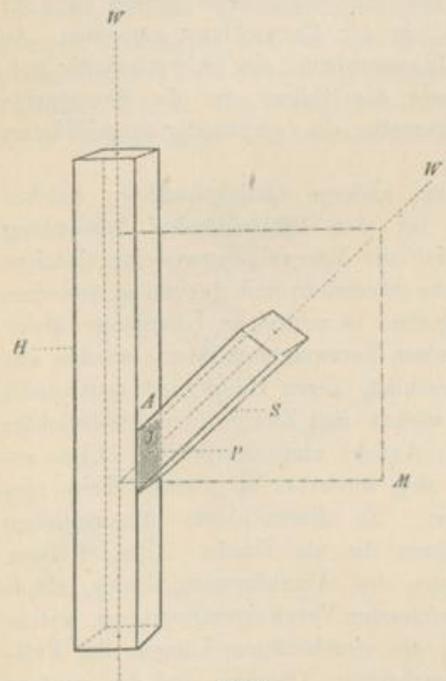


Fig. 6.

Schematische Darstellung eines Hauptgliedes *H* mit seinem Seitengliede *S*. *W* Wachstumsachse des Hauptgliedes. *W'* Wachstumsachse des Seitengliedes. *J* Insertionsfläche. *P* Insertionspunkt. *A* Achsel des Seitengliedes. *M* deutet die Lage der Medianebene an.

fläche. Blätter lassen bei ihrem Abfallen von den Achsen meist eine Narbe zurück, welche der Insertionsfläche des Blattes entspricht. Das

organische Centrum dieser Insertionsfläche, welches nur bei cylindrischen Seitengliedern dem geometrischen Mittelpunkte entspricht, nennen wir den Insertionspunkt. Schneiden wir z. B. einen Zweig einer Achse bis zu der Hauptachse hinab weg, so würde die Region des Marks des Zweiges mit dem Insertionspunkte zusammenfallen. Die Ebene, welche durch den Insertionspunkt so gelegt gedacht wird, daß sie die Wachstumsachse (die Linie, welche während des Wachstumes eines Gliedes von dessen Spitze durchlaufen wurde) des Haupt- und Seitengliedes in sich aufnimmt, nennen wir Medianebene. Die Region, welche dicht oberhalb der Insertionsfläche des Seitengliedes und innerhalb der Medianebene auf dem Hauptgliede liegt, nennen wir die Achsel des Seitengliedes. Die Blattachsel ist also die Region, in welcher wir gewöhnlich die Knospen der Seitenzweige angelegt finden. Stehen mehrere Seitenglieder an einem Hauptgliede, so bezeichnet man den Winkel, welchen die Medianebenen zweier Glieder miteinander bilden als den Divergenzwinkel, den Divergenzwinkel in Graden oder Teilen des Achsenumfanges ausgedrückt, als Divergenz der Glieder. Außerdem hat man in diesem Falle noch auf den Vertikalabstand, welcher durch die verschiedene Höhe, in der die Seitenglieder inseriert sind, zu stande kommt, Rücksicht zu nehmen.

Gehen wir nun zu den wichtigsten Formen der Stellung über, welche Seitenglieder an einem relativen Hauptgliede, also z. B. Blätter an einer Achse, Wurzeln an einer Achse, Seitenwurzeln an einer relativen Hauptwurzel einnehmen können, so sind zuerst zwei verschiedene Hauptformen zu unterscheiden: 1. die Einzelstellung, 2. die Wirtelstellung der Glieder.

1. Einzelstellung der Glieder findet statt, wenn jedes Seitenglied auf einer anderen Querzone des Hauptgliedes inseriert ist, also niemals zwei oder mehrere Glieder in gleicher Höhe am Hauptgliede stehen. Meist sind die in der Natur (vorzüglich bei Achsen und Blättern) vorkommenden Formen der Einzelstellung regelmässige d. h. je zwei aufeinanderfolgende Seitenglieder besitzen stets gleiche und gleichsinnige Divergenz. Wir wollen diese Form als normale bezeichnen. Als einfachste Form der normalen Einzelstellung ist diejenige zu betrachten, bei welcher die Wachstumsachsen der übereinanderstehenden Seitenglieder alle in eine Medianebene fallen. Dann bilden alle Seitenglieder eine Zeile an dem Hauptgliede, und da man eine solche Geradzeile auch als Orthostiche bezeichnet, so kann man auch sagen, die einfachste Form der Einzelstellung ist diejenige, bei welcher die Seitenglieder nur eine Orthostiche am Hauptgliede bilden. Eine derartige Stellung findet sich selten bei den höheren Pflanzen (Blütenachsen von *Polygonatum*, Blätter am Rhizome von *Marsilia*). Als zweiteinfache Form der normalen Einzelstellung ist die zweizeilig alternierende (wechselständige) Stellung zu bezeichnen. Hier stehen die Seitenglieder in zwei Orthostichen und zwar so, daß der Insertionspunkt des nächst höheren Gliedes immer in einer anderen Orthostiche liegt als die des nächst tieferen. Wenn wir das unterste Glied mit 1 bezeichnen, das nächst höhere mit 2 u. s. w., so liegen z. B. 1, 3, 5 und 7 in einer Or-

thostiche, 2, 4, 6, 8 in der anderen. Die Divergenz zweier aufeinanderfolgenden Glieder ist hier also  $180^\circ$  oder  $\frac{1}{2}$  des Kreisumfanges. Diese Stellung kommt häufig bei monokotyledonen Gewächsen z. B. den Gramineen vor. Die Seitenglieder können nun ferner in drei und mehreren Orthostichen und nach demselben Prinzip geordnet stehen.

Derartige komplizierte Stellungen bezeichnet man am kürzesten nach der Divergenz (Aufser bei Gliedern, deren Divergenz  $\frac{1}{2}$  ist, lassen sich selbstverständlich zwei verschiedene Divergenzen, eine kleinere und eine größere feststellen, je nachdem man von links nach rechts oder von rechts nach links misst; aus Zweckmäßigkeitsgründen versteht man unter der Divergenz in unseren Fällen jedoch immer die kleinere der beiden Divergenzen) zweier aufeinanderfolgender Seitenglieder und nennt sie im allgemeinen Spiralstellung, weil die Linie, durch welche man die Insertionspunkte der aufeinanderfolgenden Glieder miteinander verbinden kann, die Form einer Spirale annimmt. Man sagt dann z. B., wenn die Divergenz der aufeinanderfolgenden Glieder  $120^\circ$  ist, die Seitenglieder sind spiralgig mit der Divergenz  $120^\circ$  gestellt, oder besser, indem man die Divergenz in Teilen des Kreisumfanges ausdrückt, die Seitenglieder sind spiralgig nach  $\frac{1}{3}$  gestellt. Diese letztere Bezeichnungsweise hat nämlich zugleich den Vorteil, daß man nach mathematischen Gesetzen aus derselben sofort ersehen kann, 1. wieviel Orthostichen vorkommen, denn der Nenner des Bruches muß deren Zahl stets ausdrücken, 2. wieviel mal man bei Konstruktion der Spirallinie von einem gegebenen Seitengliede aus das Hauptglied zu umkreisen hat, um bis zu dem nächsten Seitenglied derselben Orthostiche zu gelangen, in welchem das Ausgangsseitenglied steht, denn diese wird durch die Zahl des Zählers angegeben und 3. wieviel Seitenglieder auf diesem Wege berührt werden, denn die Zahl derselben muß wiederum der Zahl des Nenners entsprechen. Zu bemerken ist noch, daß man das relative Anfangsglied und die auf dem Wege bis zu dem nächsten Gliede derselben Orthostiche berührten Seitenglieder zusammen als einen Cyklus von Gliedern bezeichnet hat. Von den möglichen Formen der Spiralstellung kommt die  $\frac{1}{3}$  (0,333 des Kreisumfanges) Stellung bei den an Achsen sitzenden Blättern der Monokotyledonen (Cyperaceen) und Dikotyledonen nicht gerade häufig, die  $\frac{2}{3}$  (0,400) Stellung bei den an Achsen sitzenden Blättern der Dikotyledonen sehr häufig vor (Papilionaceenblätter, Rosaceenblätter). Der  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{2}{3}$  nahestehende Divergenzen  $\frac{3}{8}$  (0,375) ( $\frac{3}{8}$ -Stellung z. B. bei Acacia) und  $\frac{8}{21}$  (0,380),  $\frac{5}{13}$  (0,384),  $\frac{13}{34}$  (0,382) sind bei den Dikotyledonen ebenfalls zu finden.

Selten kommen bei Seitengliedern regelmässige Formen der Einzelstellung vor, bei denen die Divergenzen nicht gleich, oder wenigstens nicht gleichsinnig sind. Eine solche Stellung ist z. B. die, welche durch Näherung der beiden Orthostichen von zweizeilig alternierend gestellten Organen entstanden gedacht werden kann, und z. B. bei den Blättern von normalen Achsen vorkommt, welche auf der Erde hinkriechen. Besondere kurze Ausdrücke für derartige Stellungen hat man nicht angenommen.

2. Wirtelstellung (Quirlstellung) der Seitenglieder findet statt, wenn zwei oder mehrere Glieder in genau gleicher Höhe am Hauptgliede stehen. Auch die bei den Pflanzen vorkommende Wirtelstellung ist meist eine ganz regelmäßige, d. h. alle je zwei benachbarte Glieder eines bestimmten Wirtels besitzen die gleiche Divergenz. Je nach der Zahl der Glieder eines Wirtels unterscheidet man 2- (Divergenz  $180^\circ$ ), 3- u. s. w. gliedrige Wirtel (2-, 3- u. s. w. zählige Quirle). Die Glieder von übereinanderstehenden gleichzähligen Wirteln können eine der Zahl der Wirtelglieder entsprechende Anzahl von Orthostichen bilden, dann nennt man die Wirtel opponierte Wirtel. Die Glieder übereinanderstehender Wirtel können ferner eine Zahl von Orthostichen bilden, welche doppelt so groß ist, als die der Wirtelglieder, wobei zugleich die Divergenz aller Orthostichen eine gleichmäßige ist; man sagt dann, die Wirtel alternieren oder die Wirtel sind dekussierte. Am häufigsten findet man die Glieder in 2-gliedrigen dekussierten Wirteln stehend, so z. B. stehen die Blätter der Labiaten und der Gentianeen. 4- und 5-gliedrige dekussierte Wirtel finden sich bei manchen Kompositen. Auch bei der Wirtelstellung kommen anormale Stellungen vor, wo die Glieder eines Wirtels also nicht alle gleiche Divergenz besitzen, wo aber dann gewöhnlich doch eine bestimmte Gesetzmäßigkeit im Baue der verschiedenen Wirtel herrscht.

### 3. Symmetrieverhältnisse der Diagramme der Organsysteme.

Das der Basis gegenüberliegende Ende des Organes bezeichnen wir als dessen Spitze. Die Linie, welche die Spitze eines Organes beim Heranwachsen desselben durchlief, nennen wir die Wachstumsachse (Wachstumslinie des Organes). Bei den Organen der höheren Pflanzen fällt im

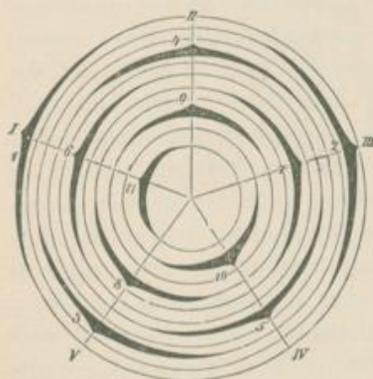


Fig. 7.

Diagramm eines Sprosses mit spiralig, nach  $\frac{1}{3}$  geordneten Blättern.

besonderen Namen belegt worden, welche wir kurz erklären müssen.

Am besten übersieht man die in dieser Weise zu Tage tretenden

allgemeinen die Wachstumsachse mit der Längsachse der Organe zusammen, z. B. die Wachstumsachse der Achse ungefähr mit dem Mark, die Wachstumsachse der Blätter mit dem Mittelnerven u. s. w., und verbindet stets den Insertionspunkt eines Organes mit der Spitze desselben. Betrachten wir die Anordnung der einem bestimmten Gliede seitlich ansitzenden Organe in ihrer örtlichen Beziehung untereinander und zu der Wachstumsachse, ohne Berücksichtigung ihres vertikalen Abstandes an dem Hauptgliede, so treten eine Reihe von Beziehungen schärfer hervor und sind mit

Symmetrieverhältnisse, wenn man ein Diagramm der Organsysteme zeichnet. Ein Diagramm eines Gliedersystems ist die Projektion des letzteren auf eine zu dessen Hauptachse senkrechte Ebene, derart, daß alle Glieder des Systems nach ihrer gegenseitigen Lage ersichtlich werden. Ein derartiges Diagramm erhält man, indem man so viele konzentrische Kreise zeichnet als an einem Hauptgliede Seitenglieder in Einzelstellung oder so viel als an einem Hauptgliede Wirtel von Seitengliedern stehen und nun die Insertionspunkte (auch Insertionsflächen oder auch Querschnittsbilder) der Seitenglieder in ihrer Stellung zu einander und ferner so einträgt, daß das oberste Seitenglied in den innersten Kreis, das darunter folgende in den zweiten nach außen zu folgenden Kreis u. s. w. eingetragen wird. Als Beispiel eines solchen Diagramms mag das Diagramm einer mit spiralig nach  $\frac{2}{3}$  gestellten Blättern besetzten Achse (Fig. 7) dienen.

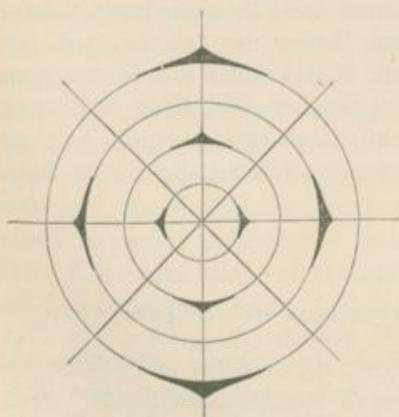


Fig. 8.

Diagramm eines Sprosses, dessen Blätter in zweigliedrigen, dekussierten Wirteln stehen.

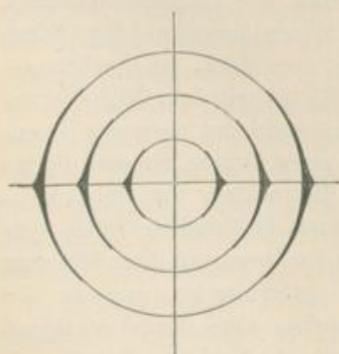


Fig. 8a.

Diagramm einer mit zweizeilig alternierenden Blättern besetzten Achse.

Würde man die Diagramme der einfachsten Gliedersysteme der phanerogamen Pflanzen betrachten, z. B. eine mit einfachen Zweigen besetzte Achse, eine mit Blättern besetzte Achse, eine verzweigte Wurzel der verschiedensten Pflanzen, so würde man finden, daß die Seitenglieder meist strahlig um die Wachstumsachse ihres Hauptgliedes angeordnet sind, daß die Gliedersysteme meist radiär gebaut sind. Unter radiären Gliedersystemen versteht man solche, deren Diagramm durch mindestens 3 Radien gleicher Divergenz in Abschnitte von annähernd gleichem morphologischen Wert zerlegt werden können. So z. B. läßt sich das Diagramm einer Achse, welche mit zahlreichen in zweigliedrigen dekussierten Wirteln stehenden Blättern besetzt ist (Fig. 8), durch 4 Radien gleicher Divergenz in 4 Abschnitte, welche morphologisch annähernd gleichwertig sind, da in jeder eine Blattzeile von annähernd gleicher Blattzahl steht, übrigens auch durch 8 Radien in 8 gleiche Abschnitte teilen. In ähnlicher Weise läßt sich das obige Diagramm (Fig. 7) durch 5 Radien zerlegen, das Diagramm einer mit zweizeilig alternierenden Blättern besetzten Achse (Fig. 8a) noch durch 4 Radien in 4 morphologisch gleichwertige Abschnitte zerfallen. Un-

logischerweise hat man wohl schon den zuletzt erwähnten einfachen Fall der radiären Systeme (das 4strahlige radiäre System) als bilaterales System bezeichnet. Diese Bezeichnung darf jedoch erst für ein System

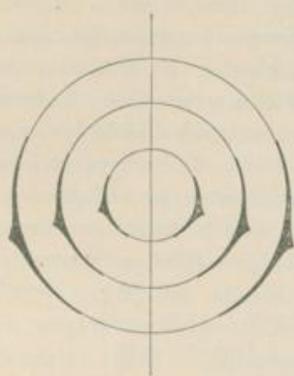


Fig. 9.  
Diagramm eines bilateral gebauten Sprosses.

angewandt werden, dessen Diagramm nur noch durch zwei Radien gleicher Divergenz in morphologisch gleichwertige Abschnitte zerfällt. So z. B. sind die beblätterten Seitenachsen der Buche, deren Diagramm in Fig. 9 dargestellt ist, bilateral gebaut. Bilateral gebaute Blüten nennt man zygomorph. Als Beispiel einer zygomorphen Blüte mag Fig. 10 und 11 dienen. Es ist dabei zu bemerken, daß bei der Blüte die Anforderungen an die morphologische Gleichwertigkeit der durch die Radien begrenzten Abschnitte schärfer gestellt werden, und nicht nur die gleiche Stellung und Gleichartigkeit der Organe, sondern auch

deren völlig gleichartige Ausbildung für den radiären Typus gefordert wird. In der That sind bei der Blüte kleine Formänderungen der Blüten- teile oft von großer biologischer und physiologischer Bedeutung, und da die Morphologie sich stets der Physiologie anpassen muß, wenn sie Bedeutung für die Wissenschaft behalten will, so ist diese schärfere Fassung der Begriffe hier sehr angebracht.

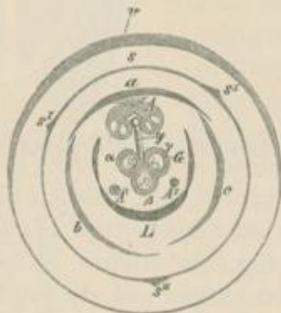


Fig. 10.



Fig. 11.

Fig. 10 Diagramm der in Fig. 11 dargestellten Blüte einer Zingiberaceae.  
s scheidenförmiges Vorblatt. s dreizähliger Kelch. a, b, c röhrenförmige Krone mit dreilappigem Saume. A Staubblatt. A I, A II rudimentäre Staubblätter. (Staminodien).  
 $\alpha, \beta, \gamma$  die Fruchtblätter des Fruchtknotens G. L Labellum.

Manche Zweige aufrecht wachsender Hauptglieder (Blütenstand von *Myosotis*), viele auf der Erde hinkriechende Rhizome sind in der Weise mit ihren Seitengliedern besetzt, daß im letzteren Falle die dem Substrat, im ersteren die der Hauptachse zugewendete Seite morphologisch ganz

verschieden ist von der entgegengesetzten Seite des Hauptgliedes. In solchen Fällen bezeichnet man die dem Substrat oder der Hauptachse zugewendete Seite als Bauchseite, die entgegengesetzte als die Rückenseite und nennt solche Organsysteme dorsiventrale. Als Beispiel mag das Diagramm (Fig. 12) des mit Blättern und Wurzeln besetzten bilateralen Kalmusrhizoms dienen. Dort trägt nur die Bauchseite (*B*) Wurzeln, der Rücken (*R*) ist von den größeren Teilen der Blattinsertionsfläche bedeckt.

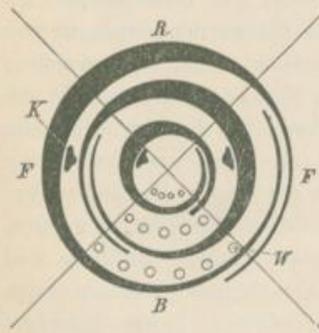


Fig. 12.

Diagramm des dorsiventralen Kalmusrhizoms. *R* Rückenseite, *B* Bauchseite, *F* Flanken, *K* Knospe, *W* Wurzel.

Man pflegt bei dorsiventralen Gliedersystemen die Diagramme durch 4 Radien gleicher Divergenz in 4 Quadranten zu zerlegen, von denen einer die Bauchseite in sich aufnimmt. Die Region der beiden seitlichen Quadranten wird dann als Flanke (*F*, Fig. 12) bezeichnet. Beim Kalmusrhizom tragen die Flanken die Knospen (*K*). Echte bilaterale Gliedersysteme können immer zugleich als dorsiventrale bezeichnet werden, da man an ihnen eine Bauch- und eine Rückenseite zu unterscheiden vermag. Dagegen braucht ein dorsiventrales Organ nicht bilateral zu sein, ist es aber in fast allen Fällen, welche in der Natur vorkommen. Die echte Bilateralität kann als der gewöhnlichste Fall der Dorsiventralität aufgefasst werden. Dorsiventral sind alle Organsysteme, deren Diagramm durch zwei Radien gleicher Divergenz in zwei morphologisch ungleichwertige Abschnitte geteilt werden können.

### § 3. Die beblätterten Achsen oder die Sprosse.

Die entwickelten Achsen tragen in fast allen Fällen in ihren Jugendstadien die Anlagen von Blattorganen oder entwickelte Blattorgane. Die Gesamtheit einer Achse (wobei dieselbe als relative Hauptachse eines Systems oder als Seitenachse auftreten kann) und der an ihr sitzenden Blattorgane (Niederblätter, Laubblätter, Blütenblätter u. s. w.) nennt man einen Sproß.

An einem Sproß bezeichnet man das zwischen den Insertionsflächen zweier in verschiedener Höhe an der Achse stehenden Blättern (also eventuell auch Blattwinkeln) liegende Stück der Achse als Internodium, das Längsstück (Querscheibe) der Achse, welche mit der Insertionsfläche des Blattes in Berührung kommt, als Knoten (Blattknoten). Die Knoten sind häufig etwas dicker als das Internodium und besitzen auch einen eigentümlichen anatomischen Bau. Die Internodien können sehr ver-

schieden lang sein oder auch völlig fehlen, wie man sagt, unentwickelt sein. In letzterem Falle stehen also die Insertionsflächen der Blätter dicht übereinander, Knoten schließt sich an Knoten. Die Blattorgane können an den Achsen alle die Formen der Stellung einnehmen, welche wir in den vorigen Kapiteln besprochen haben, vorzüglich also in Einzelstellung oder in Wirtelstellung stehen. Dabei ist zu bemerken, daß an einem Sprosse alle von dessen Basis (der mit seiner Insertionsfläche zusammenfallenden Region der Achse) bis zu dessen Spitze inserierten Blattorgane fast nie eine einzige Form der Blattstellung einhalten, vorzüglich dann nicht, wenn die Blattorgane des Sprosses nicht gleichartige Metamorphosen des Laubblattes, also verschiedenartig umgestaltete Laubblätter sind, wenn also die Basis des Sprosses z. B. Niederblätter, die Mitte Laubblätter, die Spitze Blattorgane der Blüte besitzt (Vorzüglich mit der Funktion der Blattorgane wechselt also häufig auch deren Stellung). Die Einzelstellung kann in Wirtelstellung übergehen und umgekehrt; findet Spiralstellung der Blattorgane des Sprosses statt, so kann die Divergenz der Blätter allmählich zu- oder abnehmen oder auch plötzlich sich ändern.

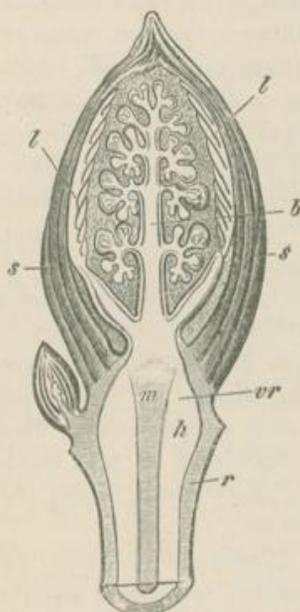


Fig. 13.

Längsschnitt durch eine Knospe der Rofskastanie (*Aesculus*). *s* Niederblätter (Knospenschuppen). *l* Laubblätter. *b* endständige Blütenstandanlage. *vr* Achse. (Abbildung nach Sachs.)

Eine eigentümliche Beziehung (welche vom biologischen Standpunkte jedoch leicht verständlich ist), besteht zwischen den Blättern der Sprosse und den Zweigen der Achse des Sprosses. In den allermeisten Fällen bilden sich nämlich die Anlagen der Zweige der relativen Hauptachse in den Achseln der jungen Blätter aus und behalten diese Stellung auch bei ihrer vollen Entwicklung bei. Die Achselstellung der Zweige der Achsen ist also als die normale morphologische Beziehung zwischen den Blättern eines Sprosses und den Zweigen des Sprosses zu bezeichnen. Nur in seltenen (anormalen) Fällen stehen die Zweige der Sprosse seitlich vom Insertionspunkte der Blätter oder rücken, in der Mediane des Blattes bleibend, weit am Internodium hinauf (Blütensprosse von *Sparganium*, *Streptopus amplexifolius*) oder auch auf den Blattstiel (*Thesium rostratum*). Normal ist es ferner, daß in jeder Blattachsel nur ein Sproß steht, doch finden sich auch hier anormale Fälle, wo mehrere Sprosse über- oder nebeneinander stehen. Seitensprosse entstehen übrigens auch in manchen Fällen frei an ihrem Hauptsprosse, so z. B. bei manchen Blütenständen, und ebenso braucht nicht jedes Blatt einen Sproß in seiner Achsel zu tragen; bei Kelchblättern und den

übrigen Blattorganen der Blüte treten sogar normaler Weise keine Sprosse in den Achseln auf. In Beziehung zu seinem Achselsprosse nennt man das Blatt, in dessen Achsel der Zweig des relativen Hauptsprosses steht, das Deckblatt des Seitensprosses. Bei den Monokotyledonen bezeichnet man weiter das erste Blattorgan, bei den Dikotyledonen die beiden ersten Blattorgane eines Seitensprosses als die Vorblätter des Sprosses. Sie

besitzen bei Sprossen, welche nur Laubblätter tragen, meist eine etwas andere Ausbildung als diese, sind oft Niederblätter und verhalten sich ähnlich bei den zu Blüten ausgebildeten Seitensprossen (sind dort Hochblätter); die Vorblätter der Dikotyledonen stehen dabei meist rechts und links von der Mediane des Seitensprosses, das Vorblatt der Monokotyledonensprosse nach der Achsel des Sprosses zu, zwischen Hauptspross und Seitenspross, mögen die darauf folgenden Blätter auch ganz andere Stellungsverhältnisse zeigen.

Ähnliche Beziehungen, wie sie zwischen den Sprossen und den Blättern bestehen, bestehen auch zwischen Blättern und Wurzeln, doch sind dieselben nicht so allgemein anzutreffen und deshalb weniger wichtig. Gewöhnlich treten Wurzeln an Rhizomen an den Internodien auf und zwar einigermassen in durch die Blattinsertion bestimmter Anordnung. In manchen Fällen entspringt z. B. je eine Wurzel in der Achsel, oder beiderseits von dem Blattinsertionspunkte entspringt je eine Wurzel (Junges Rhizom von *Valeriana officinalis*). Häufig stehen nur die dem Insertionspunkte zuerst entspringenden Wurzeln in deutlicher Beziehung zu dem Blattinsertionspunkte, spätere Wurzeln treten unregelmäßig gestellt auf.

Je nach den Blattorganen, welche die Sprosse zusammensetzen, bezeichnet man die Sprosse verschieden. Trägt die Achse nur Laubblätter oder Laub- und Niederblätter, so nennt man den Spross einen Laubspross; trägt sie Fruchtblätter oder Staubblätter (oder nur eins von beiden), zu denen

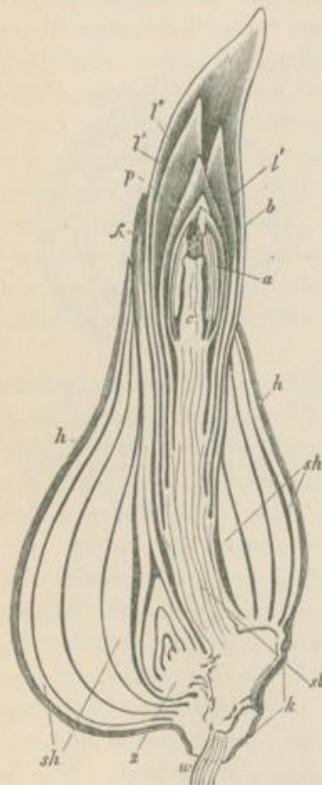


Fig. 14.

Längsschnitt durch eine austreibende Zwiebel von *Tulipa praecox*.

h braune Häute, die Reste der vorjährigen Niederblätter. k fleischiger Teil der Hauptachse der Zwiebel.

sh fleischig verdickte Niederblätter (Zwiebelschalen). st sich streckende Spitze der Hauptachse. l Laubblätter des sich streckenden Sprosssteiles.

a Staubblätter. c Fruchtblätter desselben Sprosses. z Seitenknospe des Sprosses, welche in der Achsel eines Niederblattes steht (junge Zwiebel).

(Abbildung nach Sachs).

sich auch noch Kron- und Kelchblätter gesellen können, so nennt man ihn Blüte; trägt die Achse aufer den zur Blüte gehörenden Blattorganen noch andere, so nennt man den Spross einen Blütenspross. Unentwickelte

Sprosse, deren Internodien also noch äußerst kurz, deren Blattorgane noch in den Jugendstadien ihrer Entwicklung befindlich sind, nennt man Knospen (siehe Fig. 13). Laubsprosse, welche sich in diesem Zustande befinden, nennt man Laubknospen; Blüten bezeichnet man in diesem Zustande als Blütenknospen. Es finden sich auch Knospen von Blüten sprossen, ja solche, welche weit verzweigte Sprosssysteme zusammengesetzt aus zahlreichen Laubsprossen und Blüten sprossen im Jugendzustande enthalten. Meist sind die äußersten Blattorgane der Knospe schuppenförmige Niederblätter oder Hochblätter, welche alle übrigen Organe fest einschließen und schützen. Eigentümlich umgewandelte, den Knospen nahestehende Sprosse oder Sprosssysteme sind die sogenannten Zwiebeln. Sie bestehen wesentlich aus einer meist fleischigen Achse, mit unentwickelten Internodien, welche besetzt ist mit fleischig verdickten Laubblattbasen oder fleischig verdickten Hoch- oder Niederblättern, welche als Reservestoffbehälter und zugleich als Schutzorgane der von ihnen eingeschlossenen jungen Laub- oder Blüten sprosse dienen (siehe Fig. 14).

#### § 4. Normale Folge und Stellung der Organe an der ganzen Pflanze.

Wir finden schon in dem Samen der Phanerogamen das kleine Pflänzchen relativ weit ausgebildet, mit mehr oder weniger weit entwickelter, mit Keimblättern (Kotyledonen), mit Wurzel und oft schon mit Laubblattanlagen versehener Hauptachse, eingehüllt in Nährgewebe (Endosperm etc.) und Samenschale, Hüllen, welche das von der Mutterpflanze isolierte Tochterpflänzchen, der Keimling oder Embryo, als erste Nährsubstanz und als Schutzmittel von der Mutterpflanze mitgenommen hat. Während beim Keimen des Samens der Embryo zum Keimpflänzchen heranwächst, verzehrt er das Endosperm und wirft die Samenschale ab. Dabei bilden sich die (bei den Dikotyledonen gegenständigen) Keimblätter weiter aus und die Achse des Keimpflänzchens, die wir zum Unterschiede von den später auftretenden Zweigen derselben am besten als Keimachse oder auch absolute Hauptachse der Pflanze bezeichnen, streckt sich meist erst unterhalb, dann auch oberhalb der Keimblätter (*c*, Fig. 17). Das unterhalb der Keimblätter liegende Stück der Keimachse bezeichnet man als hypokotyles Glied (*h*, Fig. 17). Die direkte Fortsetzung des hypokotylen Gliedes bildet die Keimwurzel, die man auch, zum Unterschiede von allen andern später auftretenden Wurzeln als Hauptwurzel bezeichnet. Während sich die Hauptwurzel verzweigt, also Hauptwurzelzweige bildet, erzeugt der oberhalb der Keimblätter liegende Teil der Keimachse (die epikotyle Achse) neue Blattorgane. Diese können sofort Laubblätter sein (Fig. 18 *b'*) oder auch Niederblätter, welche dann gewöhnlich nach und nach in Laubblätter übergehen (Fig. 19 *c*, *d*). Wächst die

Keimachse weiter, ohne sich zu verzweigen und schreitet dann an ihrer Spitze zur Ausbildung einer normalen und vollkommenen Blüte, mit welcher die Spitze des Keimsprosses abschließt, so können sich zwischen den Laubblättern und den Blütenblättern nur noch Hochblätter ausbilden, und wir würden dann an einer schematisierten (die wichtigsten Blattorgane tragenden) Pflanze folgende Teile unterscheiden: Die Hauptwurzel (Keimwurzel Fig. 20 *K W*), den Keimspross (*E H* und *H A*). Letzterer trägt die Keim-

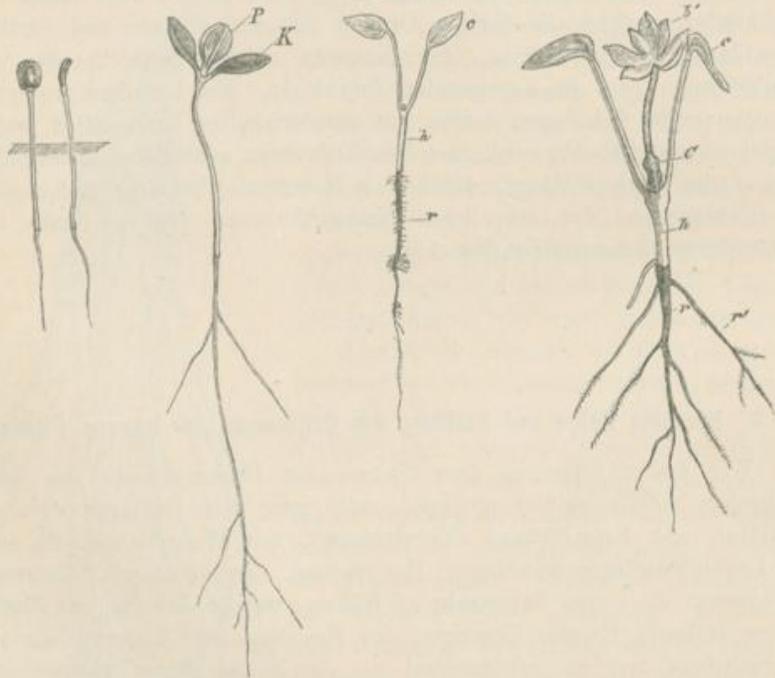


Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 15. Keimpflänzchen von *Gentiana lutea*, dessen Kotyledonen noch in der Samenschale stecken.

Fig. 16. Weiter entwickeltes Keimpflänzchen von *Gentiana lutea*. *K* Keimblätter. *P* erster Laubblattwirtel.

Fig. 17. Junges Keimpflänzchen von *Aconitum Napellus*. *c* Kotyledonen. *h* hypokotyles Glied. *r* Hauptwurzel.

Fig. 18. Älteres Entwicklungsstadium des Keimpflänzchens von *Aconitum Napellus*. *r* Hauptwurzel. *r'* Hauptwurzelzweig. *h* hypokotyles Glied (unterhalb der Kotyledonen liegender Teil der Hauptachse). *c* Keimblätter. *s'* erstes, *c* zweites an dem epikotylen Teile der Hauptachse, dicht am Vegetationspunkte stehendes Laubblatt.

blätter (*c*), deren Fußstück der unterste Teil der Hauptachse, das hypokotyle Glied (*H A*) ist, darauf folgend die Niederblätter (*N*), die Laubblätter (*L*) und die Hochblätter (*H*). Die Internodien dieses Achsenstückes können kurz oder lang sein, und die Blattorgane können die verschiedenartigste Stellung einnehmen. Das Ende des Sprosses, welches zu Blüten (*B*) umgebildet ist, besitzt dagegen normaler Weise ganz verkürzte Internodien, und die Blattorgane stehen dort häufig in Wirteln, sonst in ganz

dichten Spiralen. Eine bezüglich ihres Sproßsystems so einfache Pflanze, wie wir sie uns hier konstruiert haben, deren Keimsprouse also schon in eine Blüte umgewandelt wird, nennt man eine einachsige Pflanze. Häufig kommt es vor, daß eine einachsige Pflanze Seitensprosse verschiedener Ordnung erzeugt, welche ebenfalls in eine Blüte endigen können, diese bezeichnet man dann als Bereicherungssprosse der einachsigen (resp.  $n$ -achsigen) Pflanze. Eine solche einachsige, meist Bereicherungssprosse erzeugende Pflanze ist z. B. *Erythraea centaurium*.

Viel häufiger als die einachsigen Pflanzen sind 2-, 3-, 4-,  $n$ -achsige Pflanzen, d. h. solche, bei welchen sich erst die Spitze von Seitensprossen 1<sup>ter</sup>, 2<sup>ter</sup>, 3<sup>ter</sup>,  $n$ <sup>ter</sup> Ordnung in Blüten umwandelt; zweiachsige Pflanzen, bei welchen also die Keimachse nicht in eine Blüte endigt, wohl aber schon die Seitenachse erster Ordnung, sind z. B. *Viola tricolor* und *Veronica hederifolia*. Kehren wir wieder zu der einachsigen Pflanze zurück, so ist zuerst zu bemerken, daß schon an ihr die verschiedensten Organe ganz verschiedene Umgestaltungen erleiden können. Die Keimwurzel kann sich z. B. zur Knolle umbilden, ebenso das hypokotyle Glied, oder Internodien der epikotylen Achse oder einige dieser Teile zusammen. Die Blattorgane des schließlich blühenden Keimsprouses können nur Niederblätter oder nur Laubblätter oder Laubblätter und Hochblätter oder andere Metamorphosen des Blattes sein. Alle diese Gesichtspunkte gelten auch bei den Bereicherungssprossen; auch sie können sich z. B. zu Rhizomen, Knollen, Dornen etc. umgestalten, auch sie können die verschiedensten Blattorgane tragen. Das Gleiche hat auch für die Seitensprossen der mehrachsigen Pflanzen Geltung. Von großer Bedeutung für die Morphologie der Pflanze ist ferner die Frage, welcher Zweig eines absterbenden Sprosses die Vegetation hauptsächlich fortsetzt, ob derselbe näher oder entfernter von der Basis des oben absterbenden Sprosses, ob er in der Achsel eines Laubblattes, Nieder-

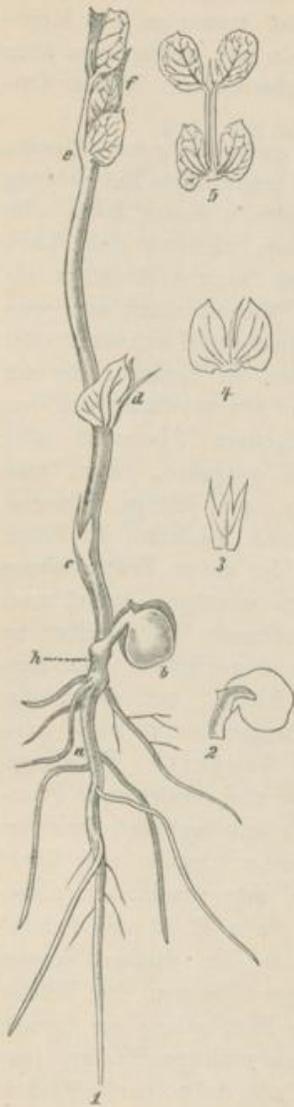


Fig. 19.

Junges Pflänzchen von *Pisum sativum* (Erbsen). 1a Keim- oder absolute Hauptwurzel. 1b hypokotyles Glied der Keim- oder absoluten Hauptachse. 1c und 2 Keimblätter oder Kotyledonen 1d bis e epikotyler Teil der Keim- oder absoluten Hauptachse. 1c, d, e, f und 3, 4, 5 Blätter. 3 und 4 Niederblätter. e und 5 erstes Laubblatt.

Arthur Meyer, Wissenschaftliche Drogenkunde

blattes, Hochblattes etc. steht. Bezüglich der Keimwurzel ist noch zu bemerken, daß dieselbe der Pflanze während der ganzen Lebenszeit erhalten bleiben kann oder auch früher oder später absterben kann. In letzterem Falle fast immer, aber auch sonst meist treten an dem Keimspresse oder an dessen Seitensprossen neue Wurzeln auf, welche man dann als Nebenwurzeln bezeichnet. Auch diese Nebenwurzeln können Umgestaltungen erleiden (*Aconitum*).

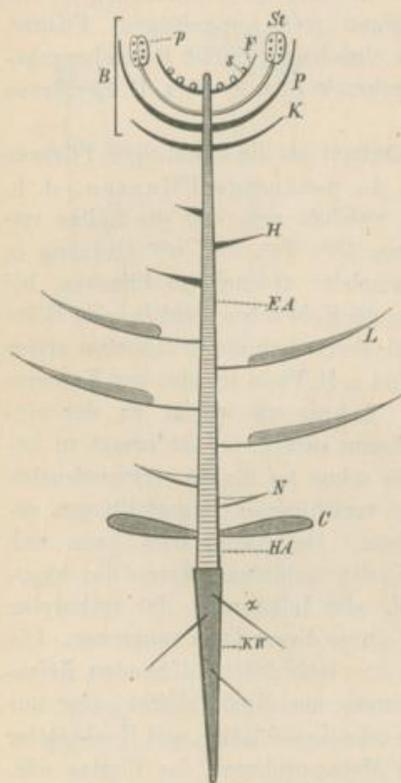


Fig. 20.

Schema einer einachsigen Pflanze, ohne Bereicherungssprosse. *KW* Keimwurzel oder Hauptwurzel mit 3 Zweigen *Z*. *HA* und *EA* die Hauptachse oder Keimachse, *HA* hypokotylar, *EA* epikotylar Teil derselben. *C* Kotyledonen. *N* Niederblätter. *L* Laubblätter. *H* Hochblätter. *B* Blüte. *K* Kelchblätter. *P* Kronblätter. *St* Staubblätter. *F* Fruchtblätter. *s* Samenknospen. *p* Pollenkörner.

Absterben ganzer oberirdischer Laub- und Blüten sprosse im Winter für mehrjährige Pflanzen häufig sehr entscheidend für den morphologischen Aufbau des Sproßsystems der Pflanze u. s. w.

Wie die Form und die Stellung der Organe, so sind auch die besprochenen Verhältnisse der Aufeinanderfolge der Organe für die Individuen

Eine ganze Reihe von Pflanzen machen die geschilderte Entwicklung ihres Körpers in einem Jahre oder in einer noch kürzeren Zeit durch und sterben dann vollkommen ab. Derartige Pflanzen nennt man einjährige, andere, bei welchen 2 (oder *n*) Jahre von der Keimung bis zur Blüten- und Fruchtbildung und dem darauf folgenden Absterben aller ihrer Teile vergehen, nennt man zwei- (resp. *n*-) jährige Pflanzen. Viele Pflanzen schließen ihr Leben nicht mit der ersten Fruchtbildung ab, sondern vermögen darauf noch eine unbestimmte Zeit weiter zu wachsen und periodisch oder fortwährend Blüten zu entwickeln. Solche Pflanzen nennt man ausdauernde Gewächse. Einjährige, mehrjährige und ausdauernde Pflanzen müssen sich bezüglich der Folge und Art ihrer Organe, wie leicht einzusehen, sehr voneinander unterscheiden. So z. B. ist die Schutzbedürftigkeit der jungen Sprosse mehrjähriger Pflanzen im Winter ein für die Morphologie der Sprosse einer Pflanze wichtiger Faktor; denn das periodische Auftreten von Niederblättern (Knospenschuppen) ist dadurch bedingt; ebenso ist die Entstehung von Achsensympodien durch

ein und derselben Pflanzenspecies wesentlich gleich, und man ist danach im stande, für jede Species ein zusammenhängendes Schema der Entwicklungsgeschichte des normalen morphologischen Baues zu entwerfen.

### § 5. Die Adventivsprosse und Adventivwurzeln.

Wie wir gesehen haben, läßt sich für jede Pflanzenspecies ein Schema der normalen Morphologie feststellen; für Folge und Stellung aller Organe lassen sich bestimmte einfache Regeln angeben. In einzelnen Fällen sieht man jedoch neben den nach den Regeln der Morphologie gestellten Wurzeln und Sprossen solche an der Pflanze auftreten, für deren Stellung und Folge sich keine bestimmte Regel finden läßt, oder deren Stellung mit den Regeln der Morphologie nicht übereinstimmt; derartige Wurzeln und Sprosse nennt man Adventivwurzeln und Adventivsprosse. Bei fast allen Pflanzen läßt sich 1. unter anormalen Lebensbedingungen die Entstehung von Sprossen und Wurzeln an anormalen Orten der Pflanze beobachten. Trennen wir z. B. ein Laubblatt von der Pflanze los und legen es auf feuchte Erde, so treten häufig an denselben Wurzeln auf, welche dann also an einem Orte stehen, an dem sie während des normalen Entwicklungsganges der Pflanze nie entstanden wären. Man findet aber auch weiter 2. noch Adventivsprosse und Adventivwurzeln, welche im normalen Lebensgange jedes Individuums einer Species auftreten und sogar ganz bestimmte, aber anormale Stellung einnehmen können. So bilden sich stets an den Wurzeln von *Psychotria Ipecacuanha* unregelmäßig gestellte Sprosse; ebensolche finden sich auf den Wurzeln der Pappel. Bei *Cardamine pratensis* bilden sich im Laufe der Entwicklung an den unteren Laubblättern Adventivsprosse in akropetaler Folge, an jedem Fiederblättchen da, wo die Seitennerven in den Mittelnerv des Blattes einmünden. Ebenso bilden sich an diesen Stellen Adventivwurzeln. Bei manchen Pflanzen treten ferner an dem hypokotylen Gliede der Keimflanze, unterhalb der Kotyledonen Adventivsprosse auf, so z. B. bei *Linaria vulgaris*. Auch an anderen Achsentheilen entstehen häufig Adventivsprosse. So kann man z. B. die accessorigen Sprosse, welche neben dem einen normalen Sprosse in der Achsel des Deckblattes bei *Carpinus betulus* etc. und die kollateral angelegten zahlreichen Sprosse in den Achseln der Zwiebelblätter des Knoblauchs entstehen, als Adventivsprosse bezeichnen.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß der Begriff der Adventivbildungen kein scharf umgrenzter ist, daß wir auch bei der Anwendung des Wortes immer klar darüber sein müssen, daß dasselbe nur einen bequemen Ausdruck für die von dem normalen Schema abweichenden Fälle bildet.