BOTANISCHES INSTITUT
der Universität Wien
Bibliothek
J.-Nr. 77
Sign. Z 152/10

BOTANISCHES MUSEUM
der k. k. Universität.
J. No. 77.
B
A 2/33
1535/36

Ueber

Pflanzen-Physiologie.

Inaugural-Dissertation

von

Andreas Pleniger,

Doctor der Medicin.

K. K. UNIVERSITÄT WIEN * BOTANISCHES INSTITUT

WIEN.

Gedruckt bei Carl Ueberreuter.

1841.

Sieh', es leuchtet still und gross
Hohe Weisheit auf an jeder Pflanze,
Von dem königlichen Zederkranze
Bis hinunter auf das nied're Moos.

Tiedge.

Die bunten Blumen auf der weiten Flur,
Schuf bloss zur Zier, zum Schmuck sie die Natur?
O nein, ihnen ist höh're Kraft gegeben,
Heilbringend zu wecken das sterbend' Leben. —

Seiner Excellenz

dem Hochgebornen

HERRN HERRN

LUDWIG

GRAFEN VON TAAFFE,

k. k. wirkl. geheimen Rathe und Kämmerer,

Präsidenten der obersten Justizstelle, der Hofcommission in Justizgesetzsachen und des obersten Gefällsgerichtes, Grosskreuz des österr. kaiserl. Leopold-Ordens, Ritter des Johanniter-Ordens, Curator der Theresianischen Ritterakademie, Doktor der Rechte, Mitgliede der juridischen Fakultät, emerirtem Rektor-Magnifikus der Wiener Universität, Herrn der Herrschaft Ellischau und der Güter Kolinetz, Auczin und Wlczkowitz in Böhmen, etc. etc. etc.

in tiefster Ehrfurcht

gewidmet

vom

Verfasser.

Euer Excellenz!

Nur mit bangem Herzen wage ich es, EUER EXCELLENZ die ersten Früchte meiner zurückgelegten Studien, die noch zu sehr das Gepräge eines mangelhaften Versuches an sich tragen, darzubieten. Der rühmlichst bekannte Eifer, mit welchem EUER EXCELLENZ jedes wissenschaftliche Streben unterstützen, die unendliche Güte und Menschenfreundlichkeit, mit der mich HOCHDIESELBEN aufzunehmen geruhten, liessen in mir die süsse Hoffnung aufkeimen, dass dieser, wenn auch nur schwache Versuch, doch mit gnädiger Nachsicht dürfte aufgenommen werden. Ich werde mich überaus beglückt fühlen, wenn EUER EXCELLENZ diese Arbeit nur als einen sehr geringen Beweis meiner

tiefsten Verehrung, meiner unbegränzten Hochachtung ansehen und aufnehmen wollen. Die mir erwiesene hohe Gnade wird meine Kräfte erhöhen, mich stärken, den Pflichten meines schweren Berufes nachzukommen; sie soll der glänzende Anknüpfungspunkt jeder weiteren Bemühung, jedes neuen Strebens seyn, wodurch es mir vielleicht einmal gelingen dürfte zu beweisen, dass ich nicht ganz einer Huld unwürdig gewesen, welche durch mein ganzes Leben in meinem Inneren fortleben wird.

WIEN, im Juni 1841.

Andreas Pleniger.

Vorrede.

Alles, was geschaffen ist, zeigt auch eine schaffende Kraft, ein Leben, das in dem einfachsten Krystalle, in der niedrigsten Pflanze, wie in dem höchsten Ideale der Schöpfung, dem Menschen, eines und dasselbe ist. Dieselbe Kraft, welche in dem grossen Organismus der Natur schaffet, bildet und vernichtet, dieselbe Kraft schaffet, bildet und zerstört in der Pflanze, so wie in dem Thiere. Vermöge dieser Kraft sucht jedes Sein seine Selbstständigkeit gegen die äusseren zerstörenden Einflüsse zu behaupten, sie zu bewahren. So lange es diesen Kampf mit der Aussenwelt siegreich besteht, lebt es in seiner Form als solches fort; unterliegt es aber, so stirbt es zwar als solches ab, um aber in einer neuen Form wieder aufzuleben. So kennt die Natur kein Sterben, keinen Tod, wo alles Leben aufhört; sie kennt aber auch kein Geborenwerden, wo das Leben erst beginnt; denn Sterben und Geborenwerden sind nur Wechsel der Formen, unter welchen das Leben, das Eine und Ewige auftritt. — Dieses

Leben, welches dem Krystalle so wie dem Thiere seine Form gibt, bedingt auch in den Pflanzen die Form, den Bau und die Funktion ihrer einzelnen Theile, und diese haben mit den thierischen so viel Aehnlichkeit, dass es mir von grösstem Interesse schien, sie näher zu erörtern.

Der hochzuverehrende Herr Professor, Stephan Endlicher, hatte die besondere Güte, mich mit Hilfsmitteln zur Lösung meiner Aufgabe zu versehen, wofür ich den innigsten Dank auszusprechen, mich überaus verpflichtet fühle.

WIEN, im Monate Juni 1841.

Der Verfasser.

I. Abschnitt.

Elementarorgane der Pflanzen.

Wie mannigfaltig auch die äussere Form der Pflanzen ist, so ist doch ihr Bau sehr einfach, und die Zahl der Elementarorgane ausserordentlich gering. Die Pflanzen bestehen nur aus Zellen und Gefässen, und alle anderen Gebilde, welche von diesen verschieden zu sein scheinen, als die Faserzellen und Spiralröhren, sind nichts anderes, als Modificationen dieser Elementarorgane. Unstreitig sind die Zellen die wichtigsten Organe einer Pflanze, und mit ihrer Bildung tritt auch die einfachste Form der Pflanzen auf. So gleichartig auch der Bau der Zellen von der unvollkommensten bis zur vollkommensten Pflanze ist, so zeigt sich doch in dem Leben der einzelnen Zellen die grösste Verschiedenheit. Je unvollkommener die Pflanze ist, desto selbstständiger tritt in einer jeden ihrer Zellen das Leben auf; in den vollkommensten Pflanzen aber ist die Selbstständigkeit der einzelnen Zellen sehr gering. Alle Pflanzen bestehen aus Zellen; doch Faserzellen, Spiralröhren und Gefässe findet man nur in den höher organisirten, so wie man Gefässe nur in den vollkommeneren Thieren findet. Wie die Natur die Thiere an der niedrigsten Stufe nur als Bälge gebildet, welche durch die ganze Oberfläche die Nahrung aufnehmen, Luft einathmen, und die aufgenommenen Stoffe in der Wandung des Balges umstalten, sie assimiliren; so bestehen die niedrigsten Pflanzen, wie die

Conferven, Fadenpilze, bloss aus Zellen, deren jede für sich bestehen, sich bilden und Früchte tragen kann. Bei den unvollkommenen Pflanzen sind die Zellen von gleicher oder ähnlicher Form, bei den vollkommenen von einer verschiedenen.

Von dem Bau und der Verrichtung der Assimilations- und Bildungs-Organe.

Das Zellengewebe.

Das Zellengewebe stellt ein System von Zellen dar, die nicht immer, wie es im thierischen Organismus der Fall ist, eine sphärische Form darbieten, sondern ihre Wände sind nicht selten gerade Flächen, die sich mit den Flächen benachbarter Zellen verschiedenartig verbinden. Die Zellen werden von einer feinen, mehr oder weniger durchsichtigen, meistens ungefärbten Membran gebildet, die einen theils flüssigen, theils festen Inhalt einschliesst. Die Wände dieses Häutchens sind aus spiralförmig gewundenen Fasern zusammengesetzt, die bei älteren Pflanzen sehr innig mit einander verwachsen sind, ja selbst bei sehr jungen und zarten Pflanzen sich nur schwer darstellen lassen. Diese so gebildete Membran ist nicht immer einfach, sondern an die innere, der Zellenhöhle zugekehrte Fläche werden oft mehrere Schichten solcher Membranen abgelagert, so dass die Wandung der Zelle häufig sehr dick und hart erscheint, wie es bei den Winterbirnen die harte Fleischmasse deutlich nachweist. Die spiralförmigen Windungen der Fasern in den Zellhäuten berühren einander nicht an allen Punkten; da, wo sie mehr auseinander treten, bleibt eine Öffnung, Tüpfel genannt. Die Tüpfel sind nach der Richtung der Fasern spiralförmig gelagert, und wo dies nicht der Fall zu sein scheint, da sind nicht alle

Tüpfel vollkommen entwickelt. Liegen die genannten Öffnungen in den einzelnen Schichten in einer Richtung, so bilden sie einen Kanal, den man Tüpfelkanal nennt. Dieser kommunizirt nach Innen mit der Zellenhöhle, nach Aussen aber mündet er nie offen, sondern endet immer an den äusseren Zellhautschichten blind. Die Tüpfelkanäle sind nach der Dicke der Zellenwandung mehr oder weniger lang, nicht selten verästelt. Gewöhnlich stossen die blinden Enden der Tüpfelkanäle der angränzenden Zellen an einander, wodurch der Durchgang der Säfte aus einer Zelle in die andere bedeutend erleichtert wird. Die Zellenmembran ist bei den niederen Cryptogamen, als den Pilzen, Flechten und Tangen von jener der höheren Pflanzen verschieden. Bei den Pilzen ist sie weich und lederartig, bei den Flechten sehr dick, zum Theile gallertartig; bei den vollkommeneren Gewächsen ist sie fest gespannt, besonders, wenn sie feucht ist; trocken zeigt sie Runzeln, und dehnt sich aus. Die Färbung der Zelle ist entweder durch den Inhalt oder durch die Färbung der Zellenmembran selbst bedingt; ersteres findet sich fast allgemein bei den vollkommeneren, letzteres bei den minder organisirten Vegetabilien, als bei vielen Laubmoosen und Farren. Da die Zellen nicht in allen Theilen der Pflanze gleich geformt und gleich an einander gelagert sind, so ergeben sich mehrere Gruppen des regelmässigen Zellengewebes:

I. Merenchym, welches aus sphärischen Zellen besteht, die sich nur zum Theile berühren.

II. Parenchym, wenn sich die Zellen mit horizontalen und vertikalen Flächen neben und über einander lagern.

III. Prosenchym, wo die Zellen mit schief abgeplatteten Grundflächen auf einander aufsitzen.

IV. Pleurenchym oder Faserzellengewebe, wo

die langgestreckten Zellen mit ihren Seitenflächen verbunden sind.

V. Spiralröhren.

Das Prosenchym bildet den Holzkörper der Coniferen und Cycadeen. Die seitliche Verbindung der Zellen unter einander ist so genau, dass hier gar keine Intercellulargänge auftreten. Bei den meisten Coniferen, als den Tannen und Fichten finden sich zwei Formen von Prosenchymzellen, die in einem jedem Jahresringe in zwei neben einander liegenden Schichten geordnet sind, wovon die innere weisslich, die äussere bräunlich erscheint. Die Zellen der weisslichen Schichte sind grösser und kürzer gestreckt, ihre Wandungen dünner, als die der äusseren Schichte, wo die Wandungen so verdickt sind, dass die Höhle der Zellen fast ganz verschwindet. Dieser Verdickung der Zellenwandung ist auch die braune Färbung beizulegen. Untersucht man einen jungen Schössling einer Conifer durch Querschnitte, so wird man finden, dass die innere Schichte eines Holzringes vollkommen ausgebildet ist, dass die Wandungen dieser Zellen aus spiralförmig verlaufenden Fasern gebildet sind, die mit einander fest verwachsen erscheinen, während die Zellen der äusseren Schichte eine noch weiche, gallertartige Masse darbieten, in welcher die Höhlen bloss durch Streifen angedeutet werden. Die Spiralfasern der jungen Prosenchymzellen sind in den alten durch spiralförmig verlaufende Linien angedeutet. Auch auf den Wänden dieser Zellen findet man Tüpfel, aber von zweierlei Art. Die ersten sind gross und sitzen in einer Hervorragung der Zellenwandung in die Höhle, welche Hervorragung um den Tüpfel selbst einen Wall bildet, den man Hof nennt; das Ganze heisst die Scheibe. Solche Tüpfel finden sich meistens nur an den, den Markstrahlen zugekehrten Wänden, während die dem Marke und der Rinde zugewendeten glatt sind.

Die Tüpfel der zweiten Art sind die gewöhnlichen, und finden sich oft statt der grossen auf den entsprechenden Zellenwänden, nicht selten sitzen sie am Hofe, der die grossen Tüpfel kranzförmig umgibt.

Die Faserzellen zeichnen sich vor allen andern durch ihre Länge aus. Ihre Wandungen sind öfters so dick wegen der an einander gelagerten, getüpfelten Schichten, dass das Lumen der Zellen fast ganz verschwindet. Wegen der ausserordentlichen Festigkeit solcher Zellen werden solche Pflanzen zu technischen Zwecken verwendet. Diese Faserzellen werden in solchen Fällen am besten durch Maceration oder stärkeres Erhitzen und nachheriges Klopfen von den umgebenden Parenchymzellen und Spiralgefässen befreit, wie es beim Flachse und Hanfe der Fall ist. Den Übergang der Faserzellen in langgestreckte Parenchymzellen kann man schön im Inneren der Holzbündel der Monocotyledonen beobachten; diess ist ein Beweis, dass sie keine besonderen Elementarorgane sind. Ihre Form ist bei vielen Pflanzen prismatisch mit zugespitzten Enden. Bei den Apocyneen und Asclepiadeen, wo sie zwischen dem Holzringe und der inneren Rinde zerstreut, oder in Bündeln vorkommen, sind sie besonders gestaltet. Sie sind meistens sehr lang, in ihrem Verlaufe bald zusammengezogen, bald aufgetrieben, oft verästelt, ihre Höhlung an mancher Stelle aufgehoben, die Wandungen wegen der geringen Resistenz von den anliegenden Parenchymzellen eingedrückt und desshalb uneben. Diese Beschaffenheit der Faserzellen der Apocyneen und Asclepiadeen scheint sie den Milchgefässen nahe zu stellen, ja man hat sie auch dafür angenommen, um so mehr, da sie mit einer an Kügelchen reichen Flüssigkeit gefüllt sind, die man für den Lebenssaft gehalten; sie sind dennoch ganz verschieden von diesen und zeigen nur den Übergang vom Zellgewebsysteme zum Gefässsysteme. Die Faserzellen un-

ter der Epidermis der Blätter laufen bei den Monocotyledonen parallel mit dem Durchmesser, in den Dicoledonen aber geschlängelt, wie wir es in dem Baste der Rinde sehen. Die Schichten, aus welchen die Wände der Faserzellen bestehen, werden wie überall aus spiralförmig verlaufenden Fasern gebildet, die sich in den jungen Pflanzen leichter trennen lassen. Je grösser die Zahl der Fasern ist, die eine Schichte bilden, desto schräger ist die Richtung der einzelnen Windungen.

Die Spiralröhren sind prismatische oder cylindrische Röhren, welche aus spiralförmig gewundenen Fasern und einer sehr zarten Haut, die jene umschliesst, bestehen. Sie unterscheiden sich nicht wesentlich von den einfachen Zellen. Wie diese aus einer zarten Membran bestehen, an deren innere Fläche sich spiralförmig verlaufende Fasern lagern, die oft mehrere membranöse Schichten darstellen, so ist es auch bei den Spiralröhren. Auch diese werden durch eine zarte Röhre, welche die Spiralfaser scheidenartig umgibt, gebildet; sie sind daher nur eigenthümliche mehr oder weniger lange Zellen. Es ist eine charakteristische Eigenthümlichkeit der vegetabilischen Lebenskraft, dass sie ihre Thätigkeit beständig in der Form einer Spirale ausdrückt. Diess zeigt sich im Grossen an den Blättern und Knospen, im Kleinen an den einfachen Zellen, so wie auch an den Spiralröhren. Die Spiralfaser ist bald rund, bald flach, viereckig, bald bandartig, wie bei den Monocotyledonen, aber immer solid. Entweder bildet sie allein das Rohr, und dann sind ihre Wandungen horizontal, oder es sind mehrere Fasern vorhanden, die sich dann schräge spiralförmig um einen röhrenförmigen Raum winden, indem sie parallel neben einander liegen. In den jungen Pflanzen ist die Faser der Spiralröhren fast immer einfach, in den älteren Pflanzen theilt sich diese einfache Faser in mehrere. Diese

Spiralfaser, welche in den jungen Pflanzen frei in der Höhle liegt, verwächst in den älteren mit der sie umgebenden Haut, und lässt sich nicht mehr abrollen. Dieses findet man meistens bei den Dicotyledonen, doch sind nicht selten in den saftigen Mono- und Dicotyledonen in jeder Lebensperiode abrollbare Spiralröhren. In jungen Pflanzen sind die Spiralröhren sehr klein, mit zunehmendem Alter werden sie grösser, selbst in den verschiedenen Theilen einer Pflanze sind sie nicht gleich gross. Am grössten sind sie im Stengel, kleiner in der Wurzel und in den Blättern, am kleinsten in den Blumenblättern und in den Befruchtungsorganen. Sie zeigen in ihrem Verlaufe Einschnürungen, wodurch sie in Glieder getheilt werden, deren jedes einen Schlauch darstellt. Zwischen den einzelnen Gliedern, die sich mit horizontal abgestumpften oder schief abgestutzten Enden auf einander legen, befinden sich Scheidewände, die aber mit Tüpfeln und Spalten versehen sind, so dass die Höhlungen der einzelnen Glieder kommuniziren. Diese Glieder sind in den verschiedenen Pflanzen, ja in den einzelnen Theilen einer Pflanze verschieden lang. Kurz gegliederte Spiralröhren finden sich häufig in gewissen Pflanzen, als der Balsamine, in den Kaktusgewächsen, auch in gewissen Theilen einer Pflanze, vorzüglich in solchen, aus welchen neue Bildungen hervorgehen, als in dem Wurzelstocke, in den Frucht- und Nabelknoten; ihr Verlauf in solchen Theilen ist geschlängelt. Sie kommen selten in dem Gewebe der Pflanzen einzeln vor, meistens in Bündeln.

Metamorphosen der Spiralröhren.

Die Spiralfasern erleiden vier Stufen von Metamorphosen, wovon die eine aus der anderen hervorgeht.

1. Ringförmige Spiralröhren.

Sie bilden sich aus den einfachen, indem sich die einzelnen Windungen von einander abziehen, abbrechen, die horizontale Richtung annehmen und die Bruchenden mit einander verwachsen. Die Bildung der ringförmigen Spiralröhren ist nicht zufällig, auch nicht dem Wachsthum zuzuschreiben, sondern sie ist in der eigenthümlichen Lebensthätigkeit der Pflanze begründet. Daher findet man in einer und derselben Pflanze einfache und ringförmige Spiralröhren zugleich. Die Ringe sind nicht in allen Spiralröhren gleich weit von einander entfernt, und die Natur beobachtet hier kein bestimmtes Gesetz.

2. Netzförmige Spiralröhren.

Die Natur ist hier in der Bildung der ringförmigen Spiralröhren weiter vorgeschritten; sie hat die einzelnen Ringe durch Längenstreifen verbunden, die bald vertikal, bald schief von einem Ringe zum andern laufen und so ein niedliches Netz bilden. Doch müssen die einzelnen Ringe etwas weiter von einander entfernt sein, sonst bildet sich eine andere Form, nämlich die gestreiften Spiralröhren. Die netzförmigen Spiralröhren kommen häufig in saftreichen Mono- und Dicotyledonen vor, häufiger in der Wurzel als im Stamme, nie in den Blättern.

3. Gestreifte Spiralröhren.

Diese entstehen, wenn die Windungen der Spiralfaser mit der einschliessenden Membran verwachsen und die mehr oder weniger kleinen Zwischenräume zwischen den Windungen bloss von der einschliessenden Membran gebildet, sich in Form von Streifen darstellen. Auf die Länge dieser Streifen haben die angränzenden Gebilde einen grossen Einfluss, so, dass

dieselbe von der Breite der benachbarten Zelle oder Röhre abzuhängen scheint. Da, wo sich die Kante der Nachbarzelle findet, treten die Windungen, welche die Streifen durch das Auseinanderweichen gebildet haben, wieder an einander. Doch findet man auch kurze Streifen zwischen langen bei angränzenden breiten Zellen. Diese Art von Röhren findet sich fast bei allen vollkommenen Pflanzen und bildet den Uebergang zu der letzten Art, nämlich den getüpfelten Spiralröhren.

4. Getüpfelte Spiralröhren.

Sie sind den gestreiften ganz ähnlich, und unterscheiden sich von diesen nur dadurch, dass die Zwischenräume zwischen den Windungen der Spiralfasern nicht genug lang sind um Streifen zu bilden; sie stellen selten runde, meistens eliptische Tüpfel von verschiedener Grösse dar, welche in horizontal oder spiralförmig verlaufenden Reihen auftreten. Bei den harten Holzarten sind sie klein, bei den weichen gross.

Verbindung der Zellen unter einander.

Diese Verbindung ist entweder unmittelbar, wenn sich nämlich die Wand der einen Zelle an die Wand der uächsten ohne Dazwischenkunft einer besonderen Substanz anlegt, oder mittelbar, indem sich zwischen die Wandungen der aneinander gränzenden Zellen eine Substanz lagert, die man für eine eigenthümliche Masse gehalten und Interzellularsubstanz genannt hat. Sie ist keine eigenthümliche Materie, sondern die Folge der Verdickung der Zellenwandungen, indem sich in ihr so viele Streifen zeigen, als Wandungen der Zellen an einander stossen, — oder eine von der Zelle selbst abgesonderte Schleimmasse, die mit dem Alter zunimmt und nach und nach verhärtet. Es verhält sich hier eben so, wie bei der Cuticula der Epidermis, die

nichts anderes ist, als die verdickten äusseren Wandungen der Zellen.

Verrichtung und Inhalt der Pflanzenzellen.

Nach der verschiedenen Form und Struktur der Zellen ist auch die Funktion derselben, so wie der Inhalt verschieden.

Verrichtung und Inhalt der Parenchymzellen.

Diese Zellen sind in ihrer ersten Periode mit dem Zellsafte, einer wasserhellen, ungefärbten Flüssigkeit gefüllt, welche in der späteren Periode in andere Stoffe verwandelt wird; bisweilen schwindet sie ganz und ihre Stelle nimmt Luft ein. Diese Zellen sind vorschieden gefärbt, ihre Färbung rührt entweder von dem Zelleninhalte her, der durch die ungefärbte Membran durchschimmert, oder von der Färbung der Zellenmembran selbst. Die blaue, violette und rothe Farbe wird durch den flüssigen, die grüne und gelbe durch den festen Inhalt bedingt, die braune Färbung rührt von der gefärbten Zellenmembran her. Alle anderen Farben sind nur Modifikationen der genannten. Das Vorkommen verschiedener Farben auf einem Pflanzentheile hat seinen Grund in den verschieden gefärbten Zellen.

Marquart hat zuerst aufmerksam gemacht, dass die blaue, rothe und violette Farbe durch den blauen Färbestoff — *Anthokyan*, — die gelbe durch den gelben Färbestoff — *Anthoxanthin* bedingt werde, dass ersterer nach dem Grade der Säurung die Verschiedenheiten der Farben darbiete, dass er im Wasser löslich ist und durch Alkohol aus blauen Pflanzentheilen ausgezogen werden kann; letzterer ist in Wasser gar nicht, in Alkohol schwer löslich, daher er auch nur

in fester Form vorkömmt. Der grünen Farbe liegt das *Chlorophyll* zu Grunde, eine grüne und wachsartige Materie, die in Form von Kügelchen auftritt. Eine schwarze Farbe gibt es eigentlich gar nicht, sie ist nur ein tiefes Blau oder Violett und rührt daher, dass viele Zellen mit tief indigoblauem oder violettgefärbtem Safte auf einander liegen. In dem Zellensafte sind Schleim, Zucker, Gummi, Säuren und gelöste Salze enthalten.

Nebst dem Safte findet man in den Parenchymzellen auch feste Stoffe:

1. ungefärbte Kügelchen, die aus Stärkmehl bestehen und sich häufig in den Saamenlappen, Wurzelknollen und fleischigen Wurzeln finden. Sie sind bald rund, oval, bald unregelmässig von verschiedener Grösse und kommen in den Zellen in Form von regelmässigen oder unregelmässigen Klümpfchen vor. Bei einigen saftreichen Land- und Wasserpflanzen sind die Amylumkügelchen in den dem Lichte ausgesetzten Theilen etwas grünlich gefärbt. Sie sind solide Körperchen, die aus einem Kern bestehen, um welchen sich mehrere Schichten koncentrisch, wie z. B. bei den Kartoffeln, oder als concave Scheiben lagern. Die Schichten bilden sich eben so wie bei der Zellenmembran, nur dass die Anlagerung bei der Zellenmembran nach Innen bei den Amylumkügelchen nach Aussen geschieht.

2. Gefärbte Kügelchen.

Die grüngefärbten Kügelchen, denen die grünen Pflanzentheile ihre Färbung verdanken, sind bald rund, bald eliptisch, fast immer linsenförmig zusammengedrückt. Sie sind entweder frei im Zellensafte oder an der Wandung der Zelle mittelst einer gallertartigen Masse befestigt, und können sich leicht mit dem Zellensafte bewegen. In den Schläuchen der Charen sind

sie an der inneren Wandung der Zelle so geordnet, dass sie ein spiralförmig verlaufendes Band darstellen. Diese Kügelchen bestehen aus einem ungefärbten Körperchen, das von einer eigenthümlichen Substanz, dem Chorophyll, durchdrungen ist, welche Substanz man mittelst des Oeles, Alkohols und Aethers ausziehen kann. Ausser den Chlorophyllkügelchen findet man im Zellensafte noch braune und gelbe Körperchen. Die braunen erscheinen beinahe in allen Zellen, deren Wandungen braun gefärbt sind, wie bei den Farren, in der braunen Rinde des Stammes und der Wurzel, in welcher letzteren die grünen Kügelchen immer fehlen. In vielen Zellen kommen noch besondere Kügelchen vor, *nuclei* genannt. Sie stellen eine ungefärbte, halb erhärtete Schleimmasse dar, die aus vielen kleinen Kügelchen besteht. In den kurzen Zellen kömmt nur ein *nucleus*, und zwar in der Mitte vor, in den langgestreckten Zellen findet man oft zwei oder drei *nucleos*. Ihre Befestigung an die innere Fläche der Zelle ist sehr leicht. Ihren Zweck kennt man nicht, vielleicht dienen sie den Chlorophyllkügelchen zur Grundlage, vielleicht sind sie zum Wachsthume der Pflanzen bestimmt. Nicht selten sind die Zellen bei manchen Pflanzen mit verschiedengefärbten Harzkügelchen gefüllt, wie wir es bei den Aloëarten, in der Wurzel der *Valeriana officinalis* und bei der Familie der *Scitamineen* finden. In der Wurzel der *Valeriana off.* füllt das Harz die Zellen der äusseren Schichten, die inneren Zellen sind mit Stärkmehlkügelchen gefüllt.

In dem Parenchym-Zellengewebe findet man gar nicht selten auch anorganische Substanzen, welche entweder im Zellensafte aufgelöst sind, oder sich in der festeren Zellenwandung finden, sie treten auch in Form von Krystallen in den Zellen auf. Die Form der Krystalle ist in den verschiedenen Pflanzen, ja in den verschiedenen Zellen einer Pflanze verschieden, alle

Krystalle einer Pflanze aber lassen sich auf eine Grundform zurückführen. Ihre Bildung ist nicht ganz durch äussere Verhältnisse bedingt, wohl trägt die Lebensthätigkeit der Pflanze zu ihrer Bildung sehr viel bei. Denn wenn eine vegetabilische Säure in einer Gattung der Pflanzenfamilie vorkömmt, so findet sie sich gewiss in allen Gattungen derselben vom Boden unabhängig; liefert nun der Boden die Base, so bildet sich ein Salz, welches sich, wenn die Base dieselbe ist, in allen Gattungen dieser Familie findet, z. B. kleesaurer Kalk, äpfelsaurer Kalk. So finden sich in manchen Pflanzen eigenthümlich gebaute Zellen, die zur Aufnahme der Krystalle bestimmt zu sein scheinen, wie in der grünen Rindenschichte des *Viburnum Lantana*, in den Blättern der *Ficus elastica*, wo jede 14. oder 15. Zelle einen Krystall führt; so finden sich die Krystalle nur in den Parenchym- und Merenchym-Zellen, nie in den anderen Formen des Zellengewebes. Besonders häufig finden sich die Krystalle in den Zellen älterer Pflanzen und in solchen Organen, die aufgehört haben zu functioniren, z. B. in den Blumenstielen der Monocotyledonen. Die Krystalle kommen in den Zellen einzeln vor, oder zu zweien, dreien, wo zwei stets regelmässig über Kreuz gelagert sind, und Zwillingskrystalle bilden, am häufigsten kommen mehrere in einer Zelle zerstreut, oder gruppirt in Bündel- und Sternform als Krystalldrusen vor. Die einzeln vorkommenden Krystalle haben eine rhomboëdrische Form, bestehen aus Kalkspath, und finden sich in dem Blattstiele der Mimosen, Akazien, in der äusseren Rindenschichte der Bäume und Sträucher, während in der inneren Krystslldrusen auftreten. Die in Bündelform vorkommenden Krystalle sind spiessig oder prismatisch, aus phosphorsaurem Kalke bestehend, und treten häufiger in den Monocotyledonen auf, während die Krystalldrusen sich häufiger in den Decotyledonen vorfinden. Sie stellen nach

Mohl vierseitige, recktwinkliche Säulen mit pyramidalisch zugespitzten Enden dar, und finden sich sehr häufig in der Rhabarberwurzel, wo sie bei der indischen Rhabarber den 7. Theil des Gewichtes ausmachen, nach Scheele aus saurem kleesaurem Kalke bestehen. Unstreitig enthalten die Rhabarber und Cactusarten die meisten Krystalle. Die Krystalle bilden sich, indem sich ein Alkali aus der Erde mit der Pflanzensäure verbindet, oder indem sowohl die Base als Säure von der Erde aufgenommen wird, oder es werden mehrere Basen aufgenommen, die Doppelsalze bilden, oder endlich verliert der saure kohlensaure Kalk der Pflanze einen Theil der Kohlensäure und krystallisirt.

Verrichtung und Inhalt der Prosenchym- und Pleurenchym-Zellen.

Diese Zellen dienen dazu, um die rohen Nahrungssäfte in die Pflanze zu leiten, sie allen Theilen der Pflanze zuzuführen, und sie zum Theile auch zu verändern, indem sie sich durch die rohen Nahrungssäfte vergrössern. Diese Fortleitung wird durch die Struktur dieser Zellen sehr erleichtert, indem sie sehr viele Tüpfel besitzen, und im Holzkörper der Pflanze sehr zahlreich vorkommen, desshalb hier die Leitung am stärksten geschieht.

Verrichtung und Inhalt der Spiralröhren.

Die Spiralröhren enthalten zu bestimmten Zeiten rohe Nahrungssäfte, in anderen Perioden enthalten sie Luft. Sie sind bestimmt zur Leitung des aufgenommenen rohen Saftes, durch die zahlreichen Tüpfel und Tüpfelkanäle wird die seitliche Fortbewegung desselben bewirkt. Sie leiten nicht allein

den rohen Saft, sondern sie verarbeiten ihn auch, da sie durch ihn ernährt werden, und wachsen. Da sich ihre Enden in die Interzellulargänge einmünden, so wird ein Theil der Flüssigkeit, oder des Gases, welches bald an Sauerstoff, bald an Kohlensäure reich ist, daselbst ausgehaucht und durch die Spalteöffnungen nach Aussen abgeschieden. Bei einigen Pflanzen, als im Holze der Eichen, Palmen und anderen sind diese Spiralröhren mit Zellen getüllt.

Respirations- und Sekretions-Organe.

Das Respirationssystem der Pflanzen.

Das Respirationssystem der Pflanzen wird aus Hautdrüsen, die sich an der Oberfläche der Gewächse befinden, aus mehr oder weniger unregelmässigen Höhlen, Athemhöhlen genannt, und endlich aus mehr oder weniger regelmässigen Gängen, den Interzellulargängen, zusammengesetzt. Die Respirationsorgane sind keine Organe für sich, sondern sie sind nur jene Zwischenräume, die durch das Zusammenstossen der an einander gränzenden Parenchym- und Merenchym-Zellen entstehen; je lockerer ihre Verbindung, desto grösser sind die Zwischenräume. Die Prosenchym- und Pleurenchym-Zellen sind so fest unter einander verbunden, dass sie gar keine Zwischenräume zurücklassen.

Die Hautdrüsen oder Spaltöffnungen haben ihren Sitz in der Epidermis. Sie bestehen aus zwei halbmondförmigen Zellen, die mit ihren konkaven Rändern gegen einander gestellt, und an den Enden dieser Ränder genau verbunden sind; die Mitte dieser Ränder ist frei und stellt die Spaltöffnung dar. Diese Oeffnung ist selten vollkommen rund, meistens eliptisch. Die Hautdrüsen liegen mit den übrigen Zellen der Epidermis in den zarten und weichen Blättern in einer

Ebene, nicht selten liegen sie etwas tiefer, und bilden an der Oberfläche ein Grübchen, wie in den festen Blättern, oder aber geschieht es, dass die Drüse über die Oberfläche der Epidermis hervorragt, entweder mittelst Spitzchen bei *Crinum asiaticum*, oder indem sich die obere Wandung der Drüsenzelle erhebt, z. B. bei *Crinum africanum*. Die Hautdrüsen sind in verschiedenen Pflanzen, ja in den verschiedenen Theilen einer Pflanze verschieden gestellt. Meistens treten sie ohne alle Ordnung im Diachym der Blätter zerstreut auf, nicht selten aber kommen sie in regelmässigen Reihen, die mit den Blattnerven parallel laufen, geordnet vor, wie bei vielen Monocotyledonen, als den Gräsern und in den Blättern der Pinus-Arten; diese Reihen sind einzeln oder vielfach. Die Zellen, welche die Drüsen bilden, unterscheiden sich von den übrigen Zellen der Epidermis durch ihre zartere Struktur und durch ihren Inhalt, der aus grünen Kügelchen und einer grünen Schleimmasse besteht, welche sich an die Wände anlegt, da die übrigen Zellen der Epidermis ungefärbt sind, eine festere Struktur und keinen festen Inhalt haben. So stehen sie den Parenchymzellen im Innern der Pflanzen sehr nahe, und haben auch eine ähnliche Funktion. Sie läutern die Säfte durch Transspiration des Wassers, des darin enthaltenen Gases, und bewirken das Oeffnen und Schliessen der eingeschlossenen Spalten, jenes wird durch einen grössern Säftezufluss, dieses durch Säftemangel und Trockenwerden der Drüsenzelle hervorgebracht; sie sind daher am thätigsten, wenn rohe Nahrungsstoffe im Ueberflusse vorhanden sind, damit sie solche ausbilden. Dass die Hautdrüsen ab- und aussondern, sieht man bei den Coniferen, wo sie mit Harz bedeckt erscheinen. Im Allgemeinen sind die Hautdrüsen bei

den Monocotyledonen grösser aber weniger zahlreich als bei den Dicotyledonen. Die Hautdrüsen sind bei den saftreichen Pflanzen, z. B. bei den Cactusarten, Liliaceen sehr gross, klein dagegen sind sie in den lederartigen Blättern. Die Zahl der Hautdrüsen auf einer Quadratlinie ist unbestimmt, bei *Pinus abies* findet man ihrer 25, bei vielen Pflanzen oft 1600.

Die Athemhöhlen stellen unregelmässige Räume dar, die sich zwischen den Parenchym- und Merenchym-Zellen finden und am häufigsten unter den Hautdrüsen unmittelbar sitzen. Unger will die *Communication* dieser Athemhöhlen unter einander durch Interzellulargänge, ja sogar mit den Lücken und Luftgängen der übrigen Pflanzentheile beobachtet haben. Doch eine solche Verbindung ist nur in sehr seltenen Fällen vorhanden, wohl stehen die Athemhöhlen mit den erweiterten Interzellulargängen des Merenchyms- und Parenchyms in offener Verbindung. Die jene Höhlen bildenden Zellen sind nicht selten so innig unter einander verbunden, dass gar keine Interzellulargänge auftreten, desshalb sie ein für sich geschlossenes Ganze bilden und durch Spaltöffnungen mit der atmosphärischen Luft in Verbindung stehen. Eben so bilden die Interzellulargänge in solchen Fällen ein abgeschlossenes Ganze für sich. Die Luftgänge der unter Wasser wachsenden Pflanzen sind auch für sich geschlossen und nehmen aus den rohen Nahrungssäften die Luft auf; diese wird von den Zellen ausgeschieden, zu Zeiten wieder eingeathmet und dient so zur Ernährung der Wasserpflanze. Wenn solche Wasserpflanzen später an die Oberfläche des Wassers kommen, so wird das Athmen durch Verbindung dieser Interzellulargänge und Luftbehälter mit der Luft mittelst der Spaltöffnungen bewirkt.

Die Form der Interzellulargänge hängt von der Zahl

und Form der sie bildenden Zellen ab. Die Interzellulargänge der Blätter und blatartigen Organe sind grösser und unregelmässig, da hier die Zellen mehr sphärisch sind und locker zusammenhängen. Sie stehen mittelst der Athemhöhlen und Spaltöffnungen mit der atmosphärischen Luft in Verbindung, wo die Athemhöhlen fehlen, wie z. B. bei der *Saxifrago sarmentosa*, *Nymphaea alba* und *lutea*, da führen sie unmittelbar zu den Spaltöffnungen an der Oberfläche der Pflanzen. Dieses Auftreten der Interzellulargänge rund um die Parenchym- und Merenchym-Zellen steht mit der Verrichtung derselben im innigsten Zusammenhange und man kann schon daraus den Schluss ziehen, dass diese Zellen zur Ausbildung des rohen Nahrungstoffes bestimmt sind.

Ausser diesen drei Klassen von Athmungsorganen gibt es bei manchen Pflanzen, wie beim Oleander, bei mehreren Gattungen der Proteaceen andere Respirationsorgane, welche die Hautdrüsen zu ersetzen scheinen. Diese Pflanzen besitzen in den Blättern Grübchen, die mit Haaren ausgekleidet sind und eine leichtere Verbindung zwischen der atmosphärischen Luft und der Blattsubstanz herstellen.

Die Luftkanäle oder Luftgänge unterscheiden sich von den erweiterten Zellulargängen dadurch, dass die sie bildenden Zellen zu regelmässigen Wänden verwachsen. Diese Gänge haben eine prismatische Form, sind ganz geschlossen und die enthaltene Luft ist ein Sekret der diese Gänge bildenden Zellen. Nicht selten sind diese Gänge durch Querwände, die aus sternförmigem Zellengewebe bestehen in mehrere Abtheilungen geschieden, die aber durch Öffnungen unter einander kommuniziren. Sie kommen in dem Pflanzengewebe entweder zerstreut aber in regelmässigen Entfernungen vor, wie bei den Cannaceen,

oder sie liegen neben einander und sind nur durch eine Lage von Zellen von einander getrennt, nicht selten wird diese Trennung durch mehrere Lagen verursacht, wie z. B. in der Binse.

Obgleich die jene Luftkanäle umgebenden Zellen innig unter einander verbunden sind, so geschieht es doch, dass in alten Pflanzen die Zellen durch stärkeres Ausdehnen der Luftkanäle in ihrer Verbindung getrennt werden, und so theils regelmässige, theils unregelmässige Interzellularräume entstehen.

Die Lücken sind luftführende Räume, die durch Zerreissen und Verschwinden des Zellengewebes entstehen, wie z. B. in den Blättern der *Allium*-Arten, in dem Blumenstiel des *Leontodon Taraxacum*, im Stengel der Gräser, im Stamme und *Rhizome* mancher *Dicotyledonen* und in verschiedenen Wasserpflanzen. Ausserdem, dass die Luftlücken und Iuterzellutarräume Luft enthalten, führen sie nicht selten andere *Secreta* als Harz, Gummi und Oele, welche Stoffe in den Zellen gebildet, und in die Zellenzwischenräume abgeschieden werden. Diese Räume bilden in vielen Pflanzen ein ganzes System von Gängen, die mannigfach zusammenhängen und mit dem eigentlichen Gefässsystem eine grosse Ähnlichkeit haben, ja in vielen Pflanzen dieses zu vertreten scheinen.

II. Abschnitt.

Darstellung der Typen, nach welchen sich die Elementarorgane zur Bildung der Pflanzen aneinander reihen.

Die verschiedenen Formen des Zellengewebes und die Gefässe sind es, die zur Bildung einer Pflanze in ihrer Vollkommenheit zusammentreten. An der niedrigsten Stuffe bildet eine einzige Zelle ein ganzes Pflanzenindividuum, z. B. Protococcus, Palmella, Lepra; an einer höheren bilden mehrere Zellen ein Individuum, z. B. die Konferven, Pilze, Flechten, Moose, Algen. In minder vollkommenen Pflanzen vertreten die langgestrekten prismatischen Zellen die Stelle der Faserzellen und Spiralröhren, wie wir es bei den Moosen und vielen Wasserpflanzen finden. In den vollkommenen Pflanzen finden sich ausser den verschiedenen Gruppen des Zellengewebes noch eigene Gefässe, die einen dem Blute analogen Saft führen. So findet in der Pflanzenbildung die ewige Wiederholung der einfachen und unvollkommenen Formen statt, wie es überhaupt im organischen Reiche der Fall ist.

Der Stamm der Pflanzen ist so charakteristisch gebildet, dass sein Bau das Dasein eines oder zweier Saamenlappen begründet, und die Abtheilungen aller Vegetabilien in Aco- Mono- und Dicotyledonen genau bezeichnet.

Der Stamm der Acotyledonen.

Die niederen Kryptogamen als: die Pilze, Flechten und Algen zeigen gar keine eigentliche Stammbildung, sondern der dem Stamme entsprechende Theil hat mit den übrigen Theilen der Pflanze dieselbe Struktur. Bei den höher organisirten Kryptogamen als bei den Laub- und Lebermoosen, tritt zuerst die Stammbildung in Form eines zarten Bündels von langgestrekten

cylindrisch - prismatischen Parenchymzellen, die von lockeren Parenchymzellen umgeben werden, auf. Bei den vollkommensten Kryptogamen, den Farren, kann man am Stengel die Rinde, den Holzkörper und das Mark unterscheiden. Die Rinde besteht aus Zellen, die in der äusseren Schichte kleiner und dickhäutiger sind. Der Holzkörper wird von concentrisch gestellten Holzbündeln, die mit einander seitlich verwachsen, gebildet. Das Mark füllt die Höhle des Holzcylinders aus und enthält viel Amylum. Das Wachsthum der Farren ist ein terminales, und das Dickwerden wird durch das Vermehren des Zellengewebes zwischen dem Holzkörper und der Rinde, oder durch das Verwachsen der Blattstiele und Luftwurzeln mit dem Stamme bedingt.

Der Stamm der *Monocotyledonen.*

Dieser ist nicht wesentlich von jenem der *Dicotyledonen* verschieden, denn alle Theile, die zur Bildung des letzteren zusammentreten, finden sich in jenem auch, nur sind sie nicht so symetrisch geordnet. Die zellige Substanz bildet hier weder ein Mark noch Markstrahlen, sondern sie wird von Holzbündeln oder einzelnen Bastbündeln unregelmässig durchzogen; nur bei einigen Pfeffer - und Aloëarten findet man eine regelmässige Markstrahlenbildung.

Auch die *Monocotyledonen* haben einen Holzkörper, doch die einzelnen Holzbündel sind hier nicht so regelmässig in ringförmigen Schichten geordnet, wie es im Stamme der *Dicotyledonen* der Fall ist, sondern sie sind vielmehr, wie bei den Gräsern zwischen den Parenchymzellen zerstreut, oder wie bei der Palme gegen den Rand zu mehr zusammengedrängt, wodurch die innere Substanz weicher erscheint, während die äussere einen harten Ring bildet. Diess mag auch den Grund zu jener Annahme gegeben haben, dass die *Monocotyledonen* ihre Schichten nach Innen absetzen,

während die *Dicotyledonen* ihre neuen Ringe nach Aussen ablagern. Dieser durchaus unrichtigen Annahme *Desfontaine's* zu Folge, nannte man die *Monocotyledonen* unrichtig *Endogene*, die *Dicotyledonen Exogene*. Die Holzbündel der *Monocotyledonen* bestehen ebenfalls aus Spiralröhren, langgestreckten Parenchymzellen und aus Faserzellen, zuweilen haben sie auch Milchgefässe. Von den Spiralröhren liegen zwei ausgezeichnet grosse, mehr nach dem Rande, die kleineren gegen die Mitte zu; die dünnwändigen prismatischen Parenchymzellen liegen um diese Röhren, und werden von Aussen bald von einem halben, bald ganzen Ringe der dickwandigen Faserzellen umgeben. In einem jeden Holzringe findet sich ein Luftgang. Der Verlauf der Holzbündel in den *Monocotyledonen* ist geschlängelt, in den *Dicotyledonen* aber gerade, in jenen kreuzen sich die älteren Bündel mit den jüngeren, indem jene nach Aussen treten, während diese in der Längenachse fortlaufen. Den *Monocotyledonen* fehlt auch nicht die Rinde, nur tritt sie hier an der Wurzel deutlicher als am Stamme auf.

Der Stamm der *Dicotyledonen*.

Hier ist die Rinde, der Holzkörper und das Mark deutlich zu unterscheiden.

Das Mark.

Dieses liegt hier in der Mitte der Holzsubstanz, in der Höhlung der Markscheide. Es besteht aus Parenchymzellen, die während der Vegetationsperiode mit Saft, nach Verlauf derselben mit Luft gefüllt sind. Es hat den grössten Antheil an der Bildung neuer Pflanzentheile so, dass die jungen Triebe und Knospen nur Auswüchse des Markes sind, in welchen sich erst später Gefässe bilden. Erst im 2. — 4. Lebensjahre erlangt das Mark jenen Zustand, in dem es durch die ganze Lebensdauer verharret.

Der Holzkörper.

Dieser zeigt auf seinem Querdurchschnitte concentrische Ringe, deren Anzahl der Zahl der Jahre, die der Baum zählt, genau entspricht. In jeder Vegetationsperiode, bei uns also jedes Jahr, wird ein Holzring nach Aussen abgesetzt. Gewöhnlich sind die inneren Holzringe als die älteren dicker, denn die Elementartheile vergrössern sich jährlich. De Candolle hat erwiesen, dass die Holzschichten bis zum 30.—40. Jahre an Dicke besonders zunehmen, indem die Zunahme 2—3 Zoll beträgt; vom 40.—60. Jahre ist die Zunahme unbedeutend, vom 60. Jahre an beträgt die Dicke für 10 Jahre fast 1 Zoll. Die Fällung des Holzes alle 30—40 oder aber 100 Jahre dürfte demnach vortheilhafter sein. In einem jeden Jahresringe unterscheidet man zwei Schichten, in der inneren sind die Spiralröhren grösser und lockerer unter einander verbunden, als in der äusseren. Die Jahresringe sind nicht selten an mancher Stelle dicker, so dass alle Ringe, die daran Theil nehmen, excentrisch werden. Diese Ungleichheit in der Dicke wird durch einen grösseren Säftezufluss, der zu dieser oder jener Seite des Stammes gerichtet ist, bedingt. Ein grösserer Säfteandrang an irgend einer Seite, kann durch eine vollkommenere Entwicklung der Wurzel, Äste oder Blätter derselben Seite hervorgebracht werden. Die Holzringe werden von aus der Mitte nach der Peripherie radial verlaufenden Markstrahlen, welche aus Parenchymzellen gebildet werden, durchschnitten. Diese Strahlen laufen entweder ununterbrochen durch alle Holzringe, und sind als Fortsetzungen des inneren Markes und der Rinde zu betrachten, oder sie werden durch einen jeden Jahresring unterbrochen, und sind dann bloss Bildungen der Rinde. Sie dienen zur Leitung des Saftes und Aufbewahrung des Stärkmehls,

welches im beginnenden Frühjahre in Schleim und Zucker verwandelt, und zur Ernährung verwendet wird. Der äusserste Theil des Holzes ist weicher und heller gefärbt und heisst Splint; der mittlere ist fester und dunkler, man nennt ihn den Kern; der innerste Theil, dessen Zellen viel *Amylum* enthalten, heisst die Markscheide.

Die Rinde.

Bei den Bäumen und Sträuchern besteht sie aus drei Schichten, welche nur bei sehr jungen Pflanzen von der Epidermis umgeben werden. Die äussere, Korkschichte genannt, besteht aus Parenchymzellen, welche Anfangs ungefärbt, später aber gebräunt und ohne körnigen Inhalt sind. Die mittlere, nämlich die grüne Schichte, wird aus dickhäutigen ungefärbten Zellen zusammengesetzt. Diese sind mit grünen Zellsaftkügelchen und Schleime gefüllt, nicht selten findet man in ihnen auch Krystalle des Kalkspaths. Die Verbindung der Zellen unter einander ist so locker, dass sie von unzähligen unregelmässigen Luftbehältern durchzogen erscheinen. Die innere Schichte, Bastschichte genannt, besteht aus Bündeln von Faserzellen, die bald parallel mit der Längenachse, bald geschlängelt verlaufen und Parenchymzellen einschliessen, welche als Fortsetzung der Zellen der grünen Schichte die Form von Markstrahlen annehmen.

Die Zahl der Holzbündel einer Pflanze entspricht genau der Zahl ihrer Staubfäden. Wenn sich ein Holzbündel unregelmässig vertheilt, so bedingt dieses auch eine unregelmässige Zahl ihrer Organe, z. B. ein vierblätteriges Kleeblatt statt eines dreiblätterigen. Durch dieses bestimmte Verhältniss der Zahl der Holzbündel zu der der Staubfäden ist auch ein bestimmtes Verhältniss zwischen den Holzbündeln, den Kelch- und Blumenblättern gegeben.

III. Abschnitt.

Von der Ernährung der Pflanzen.

1. Aufnahme und Fortbewegung der Nahrungsstoffe.

Die Pflanzen empfangen den grössten Theil ihrer Nahrungsmittel von der Erde, sie können selbe aber nur in der Form einer sehr verdünnten Lösung aufnehmen. Die niederen Pflanzen nehmen diese Stoffe so wie die unvollkommensten Thiere durch die ganze Oberfläche auf; hierher gehören die Oscillatorien und einige Algen, die frei im Wasser herumschwimmen, hierher sind auch einige Flechten, die frei auf der Erde umherliegen, zu zählen, als: *Lichen esculentus*; selbst vollkommenere Wasserpflanzen mit Wurzeln nehmen das Wasser durch die ganze Oberfläche auf, wenn sie unter Wasser wachsen, z. B. *Najas major*. Bei anderen Pflanzen ist die Aufsaugung mehr besonderen Organen, den Wurzeln anvertraut. Sie treten zuerst bei den confervenartigen Algen und Fädenpilzen auf, und zeigen mit den anderen Theilen der Pflanze eine gleiche Struktur. Bei jenen, welche frei im Wasser schwimmen, erscheint die Wurzel in der Form der Verästlung der Zelle, welche die ganze Pflanze darstellt, bei jenen aber, die sich an feste Körper anlegen, ist die Wurzel eine trichterförmige Anschwellung der Zelle. Bei den *Characeen* kann man schon Wurzelfäserchen und Wurzelhärchen unterscheiden, letztere stimmen mit den Wurzeln der confervenartigen Algen und Fadenpilze überein. Diesen Wurzelhärchen ist das Geschäft der Aufsaugung eben so gut anvertraut, als den Wurzelhaaren der vollkommneren Pflanzen, mit welchen sie auch eine ähnliche Form und Struktur zeigen. An den Wurzeln der vollkommneren Pflanzen findet man nur an

den jüngeren Theilen, den Wurzelzasern, Härchen, an den alten Theilen vertrocknen sie und werden abgestossen. Diese Wurzelzasern entsprechen also der ganzen Wurzel der niederen Pflanzen, und die Härchen sind nur Auswüchse der äusseren Wandungen der Zellen um die Oberfläche der Wurzel zur Aufsaugung grösser zu machen. Diesen Zweck erreicht die Natur auch noch durch die Bildung einer, aus regelmässigen Zellen bestehenden Membran, welche die Wurzelspitze scheidenartig umgibt. De Candolle fand diese Art von Wurzelvergrösserung nicht nur bei den Wurzelpflanzen, sondern auch bei den Gräsern, Palmen etc. Nach Du Petit-Thouars soll sich diese Scheide, welche den Wurzelhärchen entspricht, jährlich im Frühjahre ablösen und die neue Wurzelspitze sich mit einer neuen Membran überziehen. Die Pflanzen saugen an ihren Wurzelspitzen stärker ein, als auf der übrigen Oberfläche, indem hier die jungen Zellen zarter sind und die Faserzellen und Spiralröhren hier beginnen, während an den älteren Theilen der Wurzel die Zellen dicker sind. Diese Spitzen tragen etwas aufgeblasene Zellen, desshalb man sie auch Schwämmchen genannt hat. Die Pflanzen nehmen mittelst ihrer Wurzeln nur sehr verdünnte Lösungen von festen Substanzen, ohne Rücksicht der Beschaffenheit auf, d. i., mögen es Gifte oder nährende Stoffe sein, wenn sie nur vollkommen gelöst sind, unlösliche Stoffe werden nicht aufgenommen. Die Aufnahme durch verletzte Wurzeln geschieht schneller als durch unverletzte. Ueber die Aufnahme der Stoffe von den Pflanzen haben Davy und De Saussure ausgezeichnete Versuche angestellt; besonders fand letzterer, dass salzsaure Alkalien leichter aufgenommen werden, dass Zucker in grösserer Menge eingesaugt wird, als Gummi, und dass die Pflanzen auch sehr viel von schwefelsaurem Kupfer aufnehmen können.

Von den Parasiten.

Die falschen Parasiteu kommen zwar an der Oberfläche anderer Pflanzen vor, stehen mit diesen aber in keiner organischen Verbindung, sie können auch an todten Pflanzen und unorganischen Körpern vegetiren, z. B. der Epheu, die Moose, Flechten etc. Die wahren Parasiten stehen mit der Mutterpflanze in einer so innigen Verbindung, dass sie mit ihr zugleich absterben. In der Mitte zwischen diesen genannten Arten stehen jene Parasiten, die ihre eigenen Wurzeln haben, sich aber mittelst warzenförmiger Organe an andere Pflanzen anhängen, und wenn die Wurzel sammt dem Stengel vertrocknet, sich von diesen ernähren, z. B. *Convolvulus arvensis*, viele Tropengewächse. Die Verbindung dieser Art von Parasiten mit der Mutterpflanze geschieht, wie gesagt, mittelst kleiner Warzen, die den Wurzelspitzen entsprechen, in diese Warzen setzen sich oft die Gefässe des Parasiten fort, dringen bis zu den Holzbündeln der Mutterpflanze und vereinen sich mit diesen, während das Zellengewebe beider Pflanzen an der Verbindungsstelle innig zusammenschmilzt. So innig ist die Verbindung unserer Mistel (*Viscum album*) mit der Pflanze; der Mistelsamen treibt nämlich sein Würzelchen, das in die Rinde der Mutterpflanzen dringt, sich hier ausbreitet oder bis zum Holzkörper gelangt. Die einfachste Verbindung der Schmarotzerpflanze mit dem Muttergewächse findet man bei der Riesenblume und andern tropischen Pflanzen. Die Mutterpflanze bildet hier einen Auswuchs, aus Rinde und Holzkörper bestehend, in welchen sich der Schmarotzer einsenkt und seine Spiralröhren mit jenen der Mutterpflanze vereint.

Von der Bewegung der rohen Nahrungssäfte der Pflanzen.

Die Wurzel der Pflanze nimmt das Wasser sammt den darin gelösten Stoffen aus dem Boden auf, dieses wird durch den ganzen Körper der Pflanze geführt, die festen Stoffe werden in der Pflanze abgesetzt, das überflüssige Wasser aber durch Transpiration entfernt. Diese aufgenommene wässerige Lösung wird bei den Pflanzen, welche einen getrennten Rinden- und Holzkörper haben, durch den Holzkörper in allen Elementarorganen aufwärts geführt, sie dringt aber auch seitlich durch die Wände der Röhren und wird durch das Parenchymzellengewebe der Markstrahlen von der Markscheide und von dieser zu jener geführt. Diese Fortbewegung der aufgenommenen Flüssigkeit wird durch die Tüpfel der Zellen sehr erleichtert. Die Leitung des rohen Nahrungssaftes ist an gewisse Perioden gebunden; im Frühjahre sind die Zellen und Spiralröhren mit diesem Safte so gefüllt, dass er beim Durchschneiden eines Astes ausfliesst oder sich selbst einen Weg durch die Rinde nach Aussen bahnt. Bei einigen Pflanzen der tropischen Gegenden kömmt das Ausfliessen des Saftes durch die aufgerissene Rinde sehr häufig vor. Ist diese Periode vorüber, so sind die Spiralröhren und Zellen nur mit Luft gefüllt, und der rohe Nahrungssaft wird nur durch die Wände der Röhren und Zellen aufwärts und seitlich geleitet. Diese Art der Fortbewegung findet bei den unteren Pflanzen, als bei den Moosen, wenn sie nicht im Wasser wachsen, ganz allgemein statt, denn ihre Zellen sind zu keiner Periode mit einer Flüssigkeit, sondern nur mit Luft gefüllt, und die Flüssigkeit wird nur durch die Wandungen der Zellen, vermöge der Hygroskopicität geleitet. Selbst bei den vollkommenen Pflanzen, den Coniferen, wo keine Spiralröhren, sondern bloss röhrenartige Zellen sind, scheint die Leitung blos durch

die Wände der Zellen vor sich zu gehen, und nur bei einem grossen Bedarfe der Nahrung sind die Zellen mit einer Flüssigkeit gefüllt. Zuerst nimmt die Markscheide die Flüssigkeit auf, später der Kern, zuletzt der Splint, der auch den schon geläuterten Saft wieder nach abwärts und nach allen Seiten führt. Stephan Hales und Meyen haben durch Versuche bewiesen, dass der Saft bei einem warmen und trockenen Wetter schneller bewegt wird, als bei einem kühlen und feuchten, und dass sich die Geschwindigkeit der Fortbewegung ganz nach der Intensität der Transpiration der Knospen und Blätter richtet. Desshalb steigt der Saft in den Mittagsstunden viel schneller als am Morgen und Abend. Der rohe Saft steigt nicht selten mit einer solchen Kraft von der Wurzel im Stamme aufwärts, dass die Kraft dem Drucke einer Wassersäule von 15 Fuss gleich kömmt.

Ursachen der Fortbewegung des rohen Nahrungssaftes in der Pflanze.

Viele haben geglaubt, dass die Hygroskopicität das Licht, Wärme und die Transpiration der Pflanzen die Ursache des Aufsteigens des rohen Nahrungsstoffes sei, De Candolle leitet diese Erscheinung von der Lebenskontraktilität der Zellen ab. Das Licht und die Wärme üben als Reize einen grossen Einfluss auf das Steigen der aufgenommenen Flüssigkeit, auch die Transpiration ist hier von keiner geringen Bedeutung, allein sie ist eine nicht genug begründende Ursache, da das Steigen des Saftes noch vor der Entwicklung der Blätter eintritt und dann noch fortdauert, wenn man die Blätter beseitigt hat. Die erste und vorzüglichste Ursache ist in der Wurzel gelegen, in ihrem Leben, da sie gleichsam instinktmässig so viel einsaugt, als sie bedarf. Meyen glaubt, dass das Wasser mit den darin gelösten Stoffen von der Wurzel, vermöge der

Endosmose aufgenommen, und vermöge der Endos- und Exosmose von Zelle zur Zelle geleitet werde; je dichter der Inhalt der Zellen oder Röhren ist, mit desto grösserer Kraft wird die Flüssigkeit emporgehoben. Mitscherlich erklärt die Erscheinungen der Endos- und Exosmose durch die gegenseitige Anziehung der gelösten Körper; diese wechselseitige Anziehung ist es, die von dem Leben der Pflanze geregelt, den Saft von Zelle zur Zelle und nach allen Seiten leitet.

Aushauchung des überflüssigen Wassers.

Ein Theil des aufgenommenen Wassers wird zur Bildung der Pflanze verwendet, der überflüssige Theil aber durch Transpiration der Blätter und der ganzen Oberfläche der Pflanzen ausgeschieden. Die Transspiration steht in einem gewissen Verhältniss zu der zarten Struktur und zu dem Wachsthume einer Pflanze. Jene Pflanzen, welche einen zarten Bau haben, wachsen auch schneller, desshalb ist ihnen auch eine grössere Menge des Wassers mit den darin gelösten Stoffen nothwendig, der zarte Bau bedingt auch ein leichteres Durchschwitzen der in grosser Menge enthaltenen Flüssigkeit. Diesem Gesetze zu Folge ist die Transpiration bei den immer grünenden Pflanzen, z. B. *Viburnum tinus*, *Buxus sempervirens* wegen des geringen Wachsthumes auch sehr gering. Viel stärker transpiriren schon unsere Nadelhölzer und die Pflanzen mit fleischigen Blättern, z. B. die Sedum-Arten, *Sempervivum tectorum*, unsere Laubhölzer transpiriren so stark, dass das in 24 Stunden ausgeschiedene Wasser wenigstens die Hälfte ihres Gewichtes beträgt. Das ausgehauchte Wasser enthält ausser dem reinen Wasser noch einen Extrakt, etwas Harz, Gummi und Gyps. Die Transpiration geschieht nicht allein durch die Spaltöffnungen der Pflanze, sondern durch ihre ganze Oberfläche, besonders aber wird sie durch das Vorhanden-

sein der Spaltöffnungen begünstigt. Das Aushauchen des Wassers durch die Spaltöffnungen ist immer mit dem Athmungsprocesse verbunden, indem die ausgeathmeten Gase stets Feuchtigkeit und die ausgehauchte Feuchtigkeit immer Luft enthalten. Die Pflanzen hauchen an ihrer Oberfläche nicht allein Flüssigkeiten aus, sondern sie nehmen solche auch auf und zwar in einem um so stärkeren Grade, je mehr es der Pflanze an Feuchtigkeit und Nahrungsstoff gebricht; denn welke Fflanzen werden durch einen sanften Regen wieder ins Leben gerufen, abgeschnittene Zweige werden durch das Befeuchten der Blattoberfläche frisch, ja viele niedere Pflanzen, die keine Wurzeln haben, können sich nur auf diese Art ernähren. Ueber die zurückgebliebene Menge des aufgenommenen Wassers haben Treviranus, Senebier und Burnett Versuche angestellt, allein kein genügendes Resultat erhalten. Aus einem Versuche des Burnett an dem Blatte einer Sonnenblume von 31½ Gr. Gewicht ergab sich, dass dasselbe in 4 St. 25 Gr. Wasser aufzog, und dass von diesen 20½ Gr. ausgeschieden wurden, 4½ Gr. zurückblieben.

Stoffe, die mit Wasser des Bodens von den Pflanzen aufgenommen werden.

Die Vegetabilien bestehen nach Liebig:

1. aus Verbindungen des Kohlenstoffes mit den Elementen des Wassers in dem Verhältnisse der Wasserbildung: Holzfaser, Stärke, Gummi und Zucker.

2. Aus Verbindungen des Kohlenstoffes mit den Elementen des Wassers mit überschüssigem Sauerstoffe: org. Säuren.

3. Aus Verbindungen des Kohlenstoffes mit dem Wasserstoffe, wo kein oder nur sehr wenig Sauerstoff vorhanden ist: Oele, Wachs und Harz.

4. Aus Verbindungen des Stückstoffes: Eiweis, Kleber, indifferente Stoffe als Säuren.

Kohlenstoff, Stickstoff und Wasser müssen also die Pflanzen aufnehmen, um jene Verbindungen zu bilden, und sie erlangen selbe theils aus dem Boden, theils aus der Luft. Aus dem Boden können sie ihre Nahrungsmittel nur in gelöstem Zustande aufnehmen. Das Wasser ist demnach das Medicum, durch welches organische und unorganische Substanzen mittelst der Wurzeln aus dem Boden in die Pflanzen gelangen. Das reine Wasser für sich reicht nicht hin, eine Pflanze zu ernähren und Du Hammel, de Saussure und Unger haben bewiesen, dass Pflanzen mit destillirtem Wasser begossen nur so lange vegetirten, als ihre Reservnahrung in den Zellen ausreichte. Der Boden biethet den Pflanzen auch kein reines Wasser dar, sondern das Regen- und Schneewasser, das den Boden tränkt und welches die Pflanze aufnimmt, ist mit Kohlensäure und Stickstoff in Form des Ammoniums versehen. Das Wasser nimmt die Kohlensäure aus der atmosphärischen Luft auf, den Stickstoff liefern jene organischen Körper, die ihre Selbstständigkeit, ihr Leben aufgegeben, und dem allgemeinen Chemismus anheimfallen, um anderen Wesen Nahrung zu biethen. Bei der Fäulniss solcher Körper entwickelt sich im gemässigten und kalten Klima Ammonium; unter den Tropen geht der Zersetzungsprozess noch weiter und bildet Salpetersäure. Das Ammonium verbindet sich mit der Kohlensäure der Luft und wird mit der Condensation des Wasserdampfes ebenfalls verdichtet und mit dem Schnee oder Regenwasser von der Pflanze aufgenommen. Ein Theil des kohlensauren Ammoniums verdampft mit dem Wasser, ein Theil wird von der Wurzel aufgenommen und assimilirt, es bildet sich Eiweiss, Kleber, China, Morphin, Cyan etc. Da das kohlensaure Ammonium mit dem Wasser leicht verdampft, so

suchte man es von jeher in dem Boden zu fixiren, als das beste Mittel hiezu eignet sich der Gyps.

Es bildet sich durch doppelte Wahlanziehung eine neue Verbindung, kohlens. Kalk und schwefels. Ammonium, das sich nicht so leicht verflüchtiget. Eisenoxydhaltiger Boden, Kohlenpulver und Humus nehmen viel Ammonium auf, und tragen so zur üppigen Vegetation der Pflanzen bei.

Die Vegetabilien nehmen auch anorganische Substanzen, als: Kali, Natron, Kalk, Magnesia und Kieselerde auf. Einige derselben sind den Pflanzen nothwendig, sie bilden Basen, die die Bildung org. Säuren vermitteln, welche den verschiedenen Pflanzenfamilien so eigenthümlich sind, dass sie zu ihrer Wesenheit gehören, z. B. Kleesäure den Flechten, Weinsäure den Weintrauben etc. etc. Die Gegenwart dieser Metalloxyde steht in einer gewissen Beziehung zur Entwicklung der Pflanzen und ihr Mangel bedingt eine unvollkommene Bildung derselben. Wir sehen, dass Pflanzen einer Art, die in ganz verschiedenen Gegenden wachsen, eine gleiche Anzahl von Aequivalenten dieser Metalloxyde zeigen; enthält eine Pflanze eine geringere Menge des einen Oxyds, so ersetzt die grössere Menge des andern den Mangel des ersteren. Die meisten Opiumsorten enthalten Mekonsäure gebunden an veränderliche Mengen von Narkotin, Morphin, Codein, die kleine Menge von Morphin wird von einer grösseren Menge des Narkotin begleitet, die fehlende Mekonsäure wird nach Liebig durch Schwefelsäure ersetzt. Die Grasarten und Equiseten enthalten im äusseren Raume der Blätter und Halme Kieselsäure und Kali; nach Davy enthalten alle hochstenglichten Pflanzen Kieselerde. Mit der jährlichen Ernte einer Getreidegattung werden dem Felde diese Stoffe entzogen, durch den Strohdünger aber wieder ersetzt. Diese von der Erde nur im gelösten Zustande anfgenommenen

anorg. Substanzen bleiben nach dem Verdünsten des Wassers in den Pflanzen zurück; sie finden sich vorzüglich in jenen Theilen, die mehr transpiriren, daher solche Theile auch mehr Asche geben. Die Blätter sind am reichsten an anorg. Substanzen, dann folgen die Zweige und Aeste, endlich der Stamm und die Wurzel; der Splint ist reicher als das Holz an solchen Stoffen, die Sträucher reicher als die Bäume.

Die Menge dieser Stoffe, die jährlich mit dem Laub- und Streusammeln den Wäldern genommen wird, ist viel grösser als jene, die das geschlagene Holz enthält. Da die Pflanzen manche Stoffe nicht entbehren können, so können sie nur in einem solchen Boden vegetiren, der ihnen solche darbietet. So kann keine unserer Getreidearten ohne hinreichende Menge von phosphorsaurer Bittererde, keine ohne Ammonium ausgebildete Samen tragen. Wenn man Salzpflanzen weit entfernt vom Meeresstrande in der Nähe von Salinen findet, so darf man sich gar nicht wundern, denn der Samen wird durch Wind und Vögel weit verbreitet, und er entwickelt sich überall, wo er die zu seiner Entwicklung nöthigen Bedingungen findet. Das Meerwasser befindet sich in stetter Verdampfung, es verbreitet als Regenwasser alle zum Leben einer Vegetation nöthigen Salze, wir finden sie in der Asche der Pflanzen wieder, wenn auch der Boden keine solchen Stoffe liefern konnte. So wie unsere Landpflanzen Alkalien sammeln, so eignen sich die Seepflanzen das Jod des Meerwassers an, und geben es ihm im Leben nicht wieder.

Dammerde.

Alle Vegetabilien erleiden nach dem Absterben durch den Sauerstoff der Luft zwei Zersetzungsprozesse, jenen der Fäulniss, wo noch die Bildung der Kohlensäure vor sich geht und den der Verwesung,

wo die Bildung der Kohlensäure aufgehört hat. Humus ist ein Produkt der Fäulniss, Humussäure das Produkt der Verwesung. Die Dammerde, die den Humus und Humussäure enthält, reicht nach Liebig nicht hin, durch ihre Bestandtheile eine solche Menge von Pflanzen auf einem bestimmten Raume zu erzeugen, die wir wirklich finden, um so weniger, da die Humuserde nur im frischen Zustande löslich ist. Die Dammerde ernährt die Pflanzen nur in so fern ihr Kohlenstoff durch die atmosphärische Luft oxydirt und die Kohlensäure von der Pflanze aufgenommen wird, um wieder zersetzt zu werden. Da der wirkliche Bedarf an Kohlenstoff in einem bestimmten Raume den Gehalt des Kohlenstoffes der Humussäure 29mal übertrifft, so muss es noch eine zweite Quelle geben, die der Pflanzenwelt mehr Nahrung liefert, als der Boden selbst, und diese ist die atmosphärische Luft. Im Frühjahre, wo der Pflanze noch alle Organe fehlen, um Nahrung von Aussen aufzunehmen, werden die Bestandtheile des Samens zur Wurzelbildung verwendet. Diese Wurzel nun saugt die Kohlensäure, die sich aus dem Humus und der Luft bildet, auf, und erzeuget so ihre noch fehlenden Ernährungsorgane, Zweige, Knospen und Blätter, welche die Nahrung aus der Luft schöpfen. Sie nehmen mehr auf als die Pflanze braucht, und der Ueberschuss wird zu neuen Bildungen der Blüte und Frucht verwendet; hier hat die Funktion der Blätter ihr Ende, sie entfärben sich und fallen ab.

Die Pflanzen der heissen Klimaten erhalten durch ihre unbedeutenden Wurzeln nur sehr wenig Nahrungsstoff aus der Erde, sie beziehen den grössten Theil aus der Luft durch ihre grossen Blätter, und bedienen sich ihrer Wurzeln nur als Stützen. Ebenso konnten die Vegetabilien der ersten Generationen ihre Nahrung grösstentheils nur aus der Luft erhalten, da sie eine nur sehr unvollkommene Wurzelbildung zeigen.

2. Assimilation und Bildungsprocess der Pflanzen.

Unter Assimilation versteht man die Veränderung der aufgenommenen Nahrungsstoffe durch den organischen Process. Bei den Pflanzen steht die Ernährung mit dem Wachsthume im innigsten Zusammenhange, da hier die organische Materie nicht wieder, wie es bei den Thieren der Fall ist, aufgelöst wird. Die aufgenommenen Stoffe werden vorzüglich durch die Respiration ausgebildet und assimilirt.

Von der Respiration der Pflanzen.

1. Respiration der grünen mit Spaltöffnungen versehenen Pflanzentheile.

Das Athmen der Pflanzen ist jenem der Thiere sehr ähnlich, und besteht dem Wesen nach ebenfalls in der Aufnahme des Sauerstoffes und in der Aushauchung der Kohlensäure. Dieses ist aber nicht in allen Pflanzen, nicht unter allen Umständen der Fall. Einige Pflanzen, wie die Conferven, Ulven, einige grünen Wassergewächse nehmen stets Kohlensäure auf, scheiden dafür Sauerstoff aus, die Pilze hingegen thun das Gegentheil. Vollkommene Pflanzen nehmen im Dunkeln und Schatten stets Sauerstoff auf und scheiden dafür Kohlensäure aus; im Sonnenlichte wird Kohlensäure aufgenommen, durch den Lebensprocess der Pflanzen zersetzt, Kohlenstoff bleibt in der Pflanze zurück und wird zur organischen Bildung verwendet, Sauerstoff mit dem Stickstoffe werden ausgeschieden. Liebig bestätigt zwar diese Thatsache, doch erklärt er den Process auf eine eigene Art. Die Pflanzen, meint er, nehmen unter allen Umständen Kohlensäure aus der Luft auf, mögen sie nun im Schatten, im Dunkeln oder im Sonneulichte sein. Allein nur im Sonnenlichte kann die Zersetzung der von der Pflanze aufgenommenen Kohlensäure vor sich gehen, der Kohlenstoff wird mit

dem Wasser assimilirt, der Sauerstoff aber ausgeathmet. Die lebende Pflanze verhält sich im Schatten und im Dunkeln in Hinsicht ihrer Respiration wie die todte. „Mit der Nacht," sagt Liebig, „beginnt ein rein che„mischer Prozess in Folge der Wechselwirkung der Luft „auf die Bestandtheile der Blätter, Blüten und Früchte." Die grünen Theile der Pflanzen, welche flüchtige aromatische Bestandtheile besitzen, nehmen mehr Sauerstoff auf, um Harze bilden zu können; stickstoffreiche Pflanzen nehmen mehr auf, als jene, welchen diese Stoffe fehlen. In der Nacht findet also ein reiner Säurebildungsprozess statt, am Tage aber jener der Sauerstoffausscheidung. Der Sauerstoff oxydirt die indifferenten Theile der Pflanze und bildet Oxyde oder er vereinigt sich mit dem vorherrschenden Wasserstoff und bildet Wasser. Je mehr Sauerstoff, fährt Liebig fort, chemisch auf die Pflanze einwirkt, desto mehr wird das Chlorophyll entfärbt, es wird blassgelb, daher findet man auch, dass alle im Dunkeln und Schatten wachsenden Pflanzen bleichsüchtig werden. Die Kohlensäure, welche die Pflanze auch im Dunkeln und Schatten aufnimmt, wird nicht mehr zersetzt, sie verdampft mit dem Wasser. — Aus den Versuchen des De Saussure und Grischow ergibt sich, dass das Laubholz die grösste Menge von Sauerstoff aufnimmt, ihm folgen die krautartigen Gewächse und die immer grünenden Bäume, endlich folgen die Pflanzen mit fleischigen Blättern. Die tropischen Gegenden und der Aequator sind eine unversiegbare Quelle des Sauerstoffes, welcher durch den, von der Umdrehung der Erde veranlassten Luftstrom in die gemässigten und kalten Himmelsstriche gebracht wird, um hier das Oxygen zu ersetzen, die überschüssige, den heissen Gegenden mangelnde Kohlensäure denselben zuzuführen. Der Stickstoff wird in Form des Ammoniaks aus der Luft von der Pflanze aufgenommen und mit der Kohlensäure wieder ausgeschieden.

2. Respiration der nicht grün gefärbten Pflanzentheile ohne Spaltöffnungen.

De Saussure und Grischow haben durch Versuche bewiesen, dass sich die Respiration der Stämme, Aeste, der Zweige, der Rinde, des Holzes, der Wurzeln, der Blumenblätter, der unreifen Früchte und Samen unter allen Umständen wie die Respiration der frischen Blätter im Dunkeln und im Schatten verhalte, dass sie nämlich Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure ausscheiden, ebenso wie die abgefallenen und welken Blätter. Die Wurzeln athmen mit der Kohlensäure auch Stickstoff aus, zarte Wurzeln nehmen mehr Sauerstoff auf als dicke. Die Blumen nehmen mehr Sauerstoff auf und scheiden Kohlensäure mit Azot aus. Am meisten Sauerstoff nehmen sie in ihrer vollkommensten Entwicklung auf, und besonders sind es die Antheren, welche viel Sauerstoff einathmen, daher kömmt es auch, dass der Bedarf des Sauerstoffes bei den gefüllten Blumen geringer ist, als bei den nicht gefüllten. Grüne mit Spaltöffnungen versehenen Früchte, wo die Karpelle noch mehr die Natur der Blätter tragen, respiriren so wie die Blätter, je mehr sie sich aber der Reife nähern, desto mehr verschwindet bei ihnen der wahre Athmungsprozess.

Die Pflanzen erhalten sich im Stickstoffe nur so lange, als ihre grünen Theile durch den Einfluss des Sonnenlichtes die enthaltene Kohlensäure zersetzen, ihren Sauerstoff ausscheiden und wieder einathmen können. Hört dieser Prozess auf, so sterben sie ab. Kohlensäure in geringer Quantität ist den Pflanzen zuträglich, in grösserer Menge der Kohlensäure sterben sie eben so gut ab, wie im Wasserstoffe. Die Pflanzen sind es also, die den, durch das Athmen der Thiere, durch Verbrennung und Verwesung erzeugten Ueberfluss von Kohlensäure im Sonnenlichte aufnehmen und dem thie-

rischen Leben den Sauerstoff liefern, der eine nothwendige Bedingung desselben ist.

So finden wir in der Natur einen Kreis, wo sich das ewige Eine ewig wiederholt, wir finden ein ewiges Sein, ein ewiges Sterben, ein ewiges Bilden und Zersetzen. Der thierische Organismus empfängt den Haupttheil seiner Nahrung von der Pflanze, ohne diese müsste er seine Existenz aufgeben, er gibt aber auch dankbar das, was er von ihr empfangen hat, ihr wieder, wenn er seine Individualität verloren und sein Dasein den zerstörenden und neue Formen schaffenden Kräften der Natur gegenüber nicht mehr behaupten kann.

Von der Entwicklung der Wärme in den Pflanzen.

Die Pflanzen haben so wie die Thiere ihre eigene Wärme, die von der Temperatur der atmosphärischen Luft unabhängig ist. Wie der Wärmegrad unter verschiedenen Umständen, bei verschiedenen Thieren, ja in den verschiedenen Theilen eines und desselben thierischen Organismus ein verschiedener ist, so ist auch die Temperatur bei den verschiedenen Pflanzen und unter verschiedenen Umständen verschieden. Die grösste Wärme entwickelt sich beim Keimen der Samen, zur Zeit des Blühens und der Befruchtung, eine höhere Temperatur entwickelt sich im Frühjahre und im Sommer, indem die Beschaffenheit der atmosphärischen Luft auf den mehr oder weniger raschen Lebensprozess der Pflanzen einen grossen Einfluss hat. Doch ist die Wärme der Pflanzen keineswegs durch die äussere Temperatur bedingt, da sie bei einer niederen äusseren Temperatur eine höhere, bei einer hohen äusseren eine geringere Wärme entwickeln. Man hat die Wärmeerzeugung verschieden zu erklären gesucht, und De Candolle hat alle Wärme der Pflanzen von dem Boden, in dem sie leben, abgeleitet, und eigene Wärme den Vegetabilien abgesprochen. Er stützte sich hierbei

auf die oft wiederholten Versuche des Pictet und Maurice. Diese hatten den Stand des Thermometers, welches sie in einen Baum eingesenkt, mit einem andern, das sie in verschiedenen Tiefen in die Erde brachten, verglichen, und fanden, dass die Temperatur im Mittelpunkte des Stammes jener gleich war, welche das Thermometer in der Erde in einer Tiefe von 4 Fuss zeigte. Die schlechte Wärmeleitungsfähigkeit des Holzes soll zur gleichmässigen Vertheilung der Temperatur des, aus dem Boden in die Pflanze aufsteigenden Saftes sehr viel beitragen, indem alle Holzarten in der den Holzbündeln entgegengesetzten Richtung die Wärme schlechter leiten; desshalb theilt sich auch die Temperatur in der Längenrichtung leichter mit als in der horizontalen. Die Rinde der Pflanzen ist, so wie die Epidermis der Thiere, ein schlechter Wärmeleiter. Allein wenn dieses richtig wäre, wie könnte man die hohe Wärme beim Keimen der Samen, im Blühen und im Befruchtungsakte der Pflanzen erklären? Woher wäre die Wärmeentwicklung im Winter, wo fast gar kein Saft, welcher der Pflanze die Temperatur des Bodens mittheilen könnte, aufsteigt, mit Recht abzuleiten, wenn nicht die Bedingung der Wärme in der Pflanze selbst gelegen wäre? So wie die thierische Wärme ihren Grund in dem Athmungs- und Ernährungsprozesse hat, so ist es auch bei der Pflanze, auch hier bedingen die Respiration und Nutrition als chemische Akte die Wärmeerzeugung. Durch die Verbindung des Sauerstoffes der Luft mit dem Kohlenstoffe der Pflanze; durch die Bildung der festen Stoffe, als Gummi, Amylum, ja selbst der Krystalle in den Pflanzenzellen, durch die Ernährung, wo mehr flüssige Stoffe, die dann erstarren, an den Wandungen der Zellen abgesetzt werden, wird die gebundene Wärme frei. Je rascher die Prozesse des Athmens und des Ernährens vor sich gehen, desto stärker ist die Wärmeentwicklung; daher sehen

wir, dass die Pflanzen der tropischen Gegenden, wo ein regerer Stoffwechsel ist, auch eine grössere Wärme entwickeln; so sehen wir an den Pflanzen zur Zeit der Blüte und der Befruchtung, wo mehr Sauerstoff aufgenommen wird, mehr Wärme frei werden; daher kömmt es auch, dass die Blüten, deren Respiration intensiver ist, auch mehr Wärme zeigen, als die anderen Pflanzentheile. — Jede Pflanzenart erfordert ein bestimmtes Klima und kann nur einen bestimmten Grad von Wärme und Kälte ertragen. Vollkommnere Pflanzen können nicht selten in einer sehr hohen Wärme vegetiren, doch ertragen sie eine heftige Kälte viel schwerer, als die niederen. Nach Adanson soll der Sand am Senegal, bis auf 61 Gr. von der Sonne erhitzt, Pflanzen tragen. Nach Sonnerat soll *Vitex agnus castus* in Indien an heissen Quellen von 62° und nach Forster auf der Insel Tanna auf einem vulkanischen Boden bei 80° Wärme fortkommen. Dagegen können die Schneeglöckchen, die Blumen der Haselnuss eine Kälte von 6, ja noch mehr Graden ertragen.

Von dem Gefrieren.

Ist die äussere Temperatur bedeutend herabgesunken, so wird den Pflanzen durch die sie umgebende Luft immer mehr und mehr Wärme entzogen, bis alle ihre Flüssigkeiten erstarren, ihre Farbe und Struktur, so wie auch die chemische Beschaffenheit der Säfte sich ändert. Doch auch die durch Kälte erstarrten Pflanzen können durch allmäliges Aufthauen wieder ins Leben gerufen werden; man findet die einzelnen Elementartheile solcher Pflanzen von einander getrennt, ihre eckigen Zellen haben eine runde Form, die Zellenmembran ist sehr weich und bräunlich. Geschieht das Aufthauen rasch, so werden die erstarrten Säfte wieder flüssig, dehnen sich aus, die Holzschichten aber

geben in demselben Grade nicht nach, und so bilden sich Frostrisse.

Von der Lichtentwicklung der Pflanzen.

Die Lichtentwicklung der Pflanzen hängt mit dem Athmungsprozesse so innig zusammen, dass es sehr wahrscheinlich wird, dass beiden dieselbe Ursache zum Grunde liegt, nämlich die Aufnahme des Sauerstoffes. Die Verbindung des Sauerstoffes mit einer eigenthümlichen Materie, die aus einer neuen chemischen Bildung beim intensiveren oder absterbenden Lebensprozesse hervorgeht, gibt das ganze Phänomen des Leuchtens der Pflanzen; ist aber der Lebensprozess erloschen, so hört auch das Leuchten auf. Die Erscheinung der Lichtentwicklung wird nicht allein am saftreichen und faulenden Holze an und Schwämmen beobachtet, sondern sie findet sich auch nicht selten an lebenden Pflanzen. Dass hier eine chemische Verbindung statt findet, beweist der unangenehme Geruch, der sich beim Leuchten des faulenden Holzes und der faulenden Schwämme entwickelt. Unter den lebenden Pflanzen zeigen diese Erscheinung vorzüglich die Rhizomorphen. Diese Pflanzen stehen in der Mitte zwischen den Flechten und den Pilzen, und wachsen häufig an alten Wurzeln und Stämmen. Sie leuchten im Dunkeln besonders mit ihren Spitzen, und theilen bei der Berührung ihre leuchtende Materie dem Finger mit. Im Juli und im August, eben so während der Befruchtung, entwickeln noch einige andere Pflanzen Licht, als: *Tropaeolum majus*, *Lilium bulbiferum*, *Tagetes patula* und *erecta*, *Calendula etc.*; selbst beim Ausfliessen des Milchsaftes einiger Pflanzen wird das Leuchten beobachtet, z. B. *Euphorbia phosphorea*. Ohne Sauerstoff und ohne Wärme können die Pflanzen kein Licht entwickeln.

Von den besondern Bewegungen im Innern der Zellen, die den Assimilations- und Nutritionsprozess begleiten.

Der Inhalt der Zellen als Zellensaft, Kügelchen und Schleim wird unter den Erscheinungen einer Mollekularbewegung assimilirt. Man findet diese Bewegung in allen Wasserpflanzen, sie scheint aber auch den Landpflanzen nicht zu fehlen, besonders deutlich aber tritt sie in den gegliederten Haaren der Blumenkrone auf. Diese Rotationsbewegung kömmt ausgezeichnet bei den Charen, die in allen stehenden Wässern leben, vor. Einige Arten bestehen aus einer Reihe von einfachen, dünnhäutigen Schläuchen, in welchen die grünen Kügelchen an der einen Wand auf — an der entgegengesetzten herab steigen, in der Mitte stossen oft mehrere an einander, drehen sich dann um ihre Achse und setzen ihre Bewegung fort. In den jüngern Theilen der Charen laufen diese Kügelchen parallel mit der Längenachse der Zelle, in den älteren aber spiralförmig, in beiden Fällen beobachten sie die Richtung jener Linien, welche sich an den innern Wandungen der Zelle finden, und durch eine Reihe grüner Körperchen gebildet werden. In jenen Charenarten, deren Zellen aus zwei Häuten bestehen, wird die Rotation nur so lange bemerkt, als sie noch jung sind. Das Licht übt keinen bedeutenden Einfluss auf diese Bewegung aus, aber bei 5° Kälte und 45° C. Wärme hört alle Bewegung auf, und die Pflanze stirbt ab. Eben so heben die Lösungen von Alkalien, Opium, Alkohol die Rotation auf. Ähnliche Bewegungen finden sich auch in den vollkommenen Pflanzen, als in den Zellen der *Vallisneria*, in den Wurzelhaaren und den haarförmigen Gebilden der meisten Pflanzen, besonders der saftreichen zur Zeit eines kräftigen Wachsthums. Wenn

solche Pflanzen vertrocknen oder gefrieren, so hört auch in ihnen die Bewegung auf.

Amici hat die Rotation in den Charenschläuchen von den grünen Kügelchen, welche bandartig die innere Wand der Zelle überziehen, und wie eine galvanische Säule wirken sollen, abgeleitet. De Candolle hat die Kontraction der Zellenwände, die gar nicht existirt, für die Ursache dieser Bewegung gehalten. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass die Rotation durch die Bewegung des in den Zellen enthaltenen Saftes, welche durch das Leben der Pflanze bedingt wird, und durch eine den Körperchen selbst zukommende Kraft bewirkt werde.

Von den assimilirten Stoffen der Pflanze.

Einige dieser Stoffe sind allgemein in den Pflanzen verbreitet, einige finden sich nur in gewissen Pflanzenfamilien, einige endlich nur in einzelnen Pflanzen.

Pflanzenschleim und Gummi.

Der Pflanzenschleim findet sich in dem Zellensafte gelöst vor, und ist nichts anderes als aufgelöstes Gummi. Die bekannteste Gummiart ist das arabische und Traganth-Gummi, ersteres besteht nach Berzelius aus 12 Atomen Kohlenstoff, 22 Atomen Wasserstoff, 11 Atomen Sauerstoff, letzteres zeichnet sich durch seinen grösseren Wassergehalt aus. Der Pflanzenschleim und das Gummi geben den vorzüglichsten Nahrungsstoff der Pflanzen ab; denn sie treten in den jungen Pflanzen zuerst auf, und in sie übergeht auch das Amylum. Das Gummi wird in den Zellen der Pflanze secernirt, es tritt nicht selten durch ihre Wandungen in die Interzellulargänge, die gleichsam Gummibehälter darstellen, um den jungen Knospen zur Entwicklung Nahrung zu bie-

then. Es sammelt sich vorzüglich in den inneren Rindenschichten, zieht aus der Luft Feuchtigkeit an, und bringt nicht selten die Rinde zum bersten.

Zuckerstoff.

Der Zuckerstoff kömmt sehr häufig in den Pflanzen vor, er wird ebenfalls in den Zellen gebildet, und in diesen aufbewahrt, oder nach Aussen abgesetzt. Die vorzüglichsten Arten des Zuckers sind: der Rohrzucker, der Schleimzucker, Traubenzucker, Mannazucker etc.

Der Rohrzucker kömmt in gewissen Pflanzen, besonders im Zuckerrohr, in den Runkelrüben, und in dem im Frühjahre aufsteigenden Safte der Ahornbäume häufig vor. Je höher der Saft in den Ahornstämmen steigt, desto reicher ist er an Zuckerstoff, indem das in den Parenchymzellen angesammelte Amylum durch den aufsteigenden Saft in Zuckerstoff verwandelt, und so von ihm aufgenommen wird.

Der Schleimzucker ist ein noch unausgebildeter Rohrzucker, und zeichnet sich durch seinen geringen Wassergehalt aus.

Der Traubenzucker findet sich vorzüglich in den Weintrauben, und unterscheidet sich von den anderen Arten durch die grössere Menge seines Wassers.

Der Mannazucker ist in der Manna enthalten, einer zuckerartigen Substanz, welche in den Zellen der Manna-Aesche abgelagert wird, und die, wenn die Rinde zerreisst, oder von Insekten angebohrt wird, herausfliesst.

Stärkmehl oder Amylum.

Das Amylum wird in den Zellen der Pflanze abgelagert, und dient der Pflanze vorzüglich dann zur Nahrung, wenn sie weder aus dem Boden, noch aus der Luft hinreichende Nahrung schöpfen kann. Die ersten Rudimente zur Bildung der Pflanze gibt das im

Samen aufgespeicherte Amylum, die Menge desselben in den Samen, den Knollen und Wurzeln, selbst in den Stämmen der Bäume wird immer grösser, je mehr sie sich der Reife nähern, seine Menge nimmt wieder in demselben Masse ab, als sich die Pflanzen der neuen Vegetationsperiode, dem Frühjahre, nähern. So geben die Kartoffeln nach De Candolle im August in 100 ℔ nur 10 ℔ Amylum, im November aber 17 ℔; im März, wo der Keimungsprozess wieder beginnt, nimmt die Menge des Stärkmehls ab. Eine dem Anylum sehr nahe stehende Substanz ist das Inulin. Es findet sich neben dem Amylum und dem Pflanzenschleime im Zellsafte gelöst vor; wo aber diese fehlen, tritt fast immer Inulie auf. Man findet es in der Wurzel der *Inula Helenium*, in den Wurzeln der Georginien; es scheint ein nicht ausgebildetes Amylum zu sein.

Pflanzeneiweissstoff und Pflanzenleim.

Der Pflanzeneiweissstoff kömmt in Verbindung mit dem Pflanzenleim in den Samen der Gräser und in den Cotyledonen der Hülsenfrüchte, überhaupt, wo sich Amylum findet, vor; in grosser Menge findet sich der Eiweissstoff im Safte des Kuhbaumes Südamerikas und in allen grünen Pflanzentheilen. Diese beiden Stoffe sind dem thierischen Faserstoffe sehr ähnlich, indem sie an Stickstoff, Schwefel und Phosphor sehr reich sind und bei der Fäulniss viel Ammoniak entwickeln. Sie finden sich in grosser Menge in den Samen der verschiedenen Getreidearten und liefern den Thieren und den Menschen den grössten Theil der Nahrung. Die Linsen und Bohnen besitzen unter allen Getreidearten am meisten Pflanzenleim und Pflanzeneiweiss, den geringsten Theil enthalten die Gerste und der Reiss. Auf den grösseren oder geringeren Gehalt dieser Stoffe

in der Pflanze hat der Boden und dessen Düngen einen sehr grossen Einfluss.

Fette Oele.

Diese kommmen in Form von Tropfen mit unregelmässigen Kügelchen im Inneren der Zellen vieler Samen vor: als im Samen der Haselnuss, der Olive, der Wallnuss, der Mandeln etc. etc. Wenn solche Samen reif sind, so zeigen sie keine Spur von Amylum, da das in früherer Periode vorhandene Stärkmehl in Oel umgewandelt wurde.

Pflanzensäuren.

Sie stellen Verbindungen des Kohlenstoffes mit vorherschendem Sauerstoffe nicht selten aber auch mit Wasserstoffe und Stickstoffe dar. Nach dem Verhältnisse, in welchem diese Theile zusammentreten, bilden sich auch die verschiedenen Säuren, auf deren Bildung die Gegenwart der Alkalien in den Pflanzen den grössten Einfluss zu haben scheint. Einige Säuren enthalten nur Kohlenstoff nnd Sauerstoff, als die Kohlensäure und Kleesäure; einige enthalten noch Wasserstoff, als die Aepfelsäure, Weinsäure, Essigsäure, Zitronsäure und Equisetsäure. Die Weinsäure findet sich im Safte der Trauben an Kali gebunden und ist ein Produkt der Gährung. Die Essigsäure bildet sich aus dem Amylum und dem Zuckerstoff durch eine fortgesetzte Gährung, indem der zuerst gebildete Alkohol noch mehr Sauerstoff aufnimmt. Diese genannten Säuren enthalten eine gleiche Quantität von Kohlenstoff, eine ungleiche von Sauerstoff und Wasserstoff. Den grössten Gehalt an Sauerstoff besitzt die Weinsäure, ihr zunächst steht die Zitron- und Apfelsäure, die geringste Menge enthält die Essig- und Equisetsäure.

Die grösste Menge von Wasserstoff hat die Essigsäure, die geringste die Equisetsäure. Je nachdem die Pflanze mehr oder weniger Wasser, mehr oder weniger Sauerstoff und Kohlensäure aufgenommen, wird bald Ueberschuss, bald Mangel eines dieser Stoffe vorhanden sein, daher wird sich auch bald diese bald jene Säure bilden. In vielen Pflanzen, als den Eichen, Birken, vielen Theesträuchern etc. etc., findet man eine eigenthümliche Säure, die Gerbsäure, die im frischen Zustande farblos ist, durch die Luft aber gefärbt wird. Die Blätter des Kirschlorbeers, die bitteren Mandeln etc. etc. enthalten eine an Stickstoff reiche Säure, die Blausäure.

Pflanzenalkaloide.

Beinahe in jeder Pflanzenfamilie findet man eigenthümliche Substanzen, die sich durch ihre basische Natur auszeichnen und mit den Pflanzensäuren als Salze in den Pflanzen auftreten. Ein Medicament hat den grössten Theil seiner Wirkung nur seinem bitteren Alkaloid zu verdanken. Einige Pflanzen enthalten mehrere solcher Alkaloide und die organische Chemie wird ihrer gewiss noch mehrere nachweisen. So enthält die Chinarinde das Cinchonin, Chinin, Cusconin; das Opium enthält Morphin, Kodein, Narkotin, Thebain. Alle Alkaloide besitzen Stickstoff und sehr viel Kohlenstoff.

Assimilations- und Bildungsprozess in den Pflanzen.

Das Keimen der Samen gibt das schönste Bild des Assimilations- und Bildungsprozesses in den Pflanzen, und die besten Erfahrungen darüber danken wir dem unsterblichen De Saussure. Das Keimen des Samens hat mit dem Athmungsprozesse der Pflanzen

sehr viel Aehnlichkeit. Wie die Pflanzen Sauer- und Stickstoff aufnehmen und Kohlensäure ausscheiden, so nimmt auch der keimende Samen Sauer- und Stickstoff auf und scheidet Kohlensäure aus. Wie der Athmungsprozess der Pflanzen in an Sauerstoff reicher Luft intensiver vor sich geht, so ist auch das Keimen der Samen im Sauerstoff viel rascher. Doch ist die Erscheinung des Keimens, wobei Sauerstoff aufgenommen und eine verhältnissmässige Menge Kohlensäure dafür ausgeschieden wird, nicht bei allen Samen gleich; einige scheiden mehr Kohlensäure aus, als sie vom Sauerstoffe aufnehmen, andere zeigen das Gegentheil. Zum Keimen der Samen wird auch Wasser erfordert, denn Samen in trockenem Boden gelangen gar nicht oder sehr spät zum Keimen. Dieses gelangt nach den Gesetzen der Endos- und Exosmose mittelst der ganzen Oberfläche oder, wenn, die äussere Hülle hart ist, wie z. B. die Kieselhülle einiger Gräser-Samen mittelst der Mikropyle durch die Hüllen des Samens. Eine andere Bedingung des Keimens ist die Wärme. So wie in heftiger Kälte alles Leben zu Grunde geht, und durch übermässige Hitze der Zersetzungsprozess zu schnell herbeigeführt wird, so tödtet auch die Kälte alles Keimvermögen der feuchten Samen; so keimt bei einer Temperatur von 50° C. kein Same mehr. Colin und Edwards haben durch Versuche bewiesen, dass unsere Getreidearten keinen Samen mehr entwickeln, wenn die mittlere Temperatur 18° C. erreicht. Auf die Zeit, binnen welcher die Samen zu keimen beginnen, haben nicht nur die zum Keimen nöthigen Bedingungen, sondern auch die Art und das Alter des Samens einen grossen Einfluss. Während die Samen im Freien, wenn nicht alle nöthigen Bedingungen im erforderlichen Grade gegeben sind, in einer bestimmten Zeit keimen, so gelangen die Samen in den Treibhäusern, wo man alle

Bedingungen künstlich herbeiführen kann, in der Hälfte jener Zeit zum Keimen; haben die Samen eine harte Hülle, z. B. bei den Kirschen, so brauchen sie oft mehrere Jahre. Sind die Bedingungen zum Keimen des Samens gegeben, so schwellen gleich nach der Aufname des Wassers die Kotyledonen an, werden weich und grünlich gefärbt, es entwickelt sich das Würzelchen, das von den Kotyledonen den Bildungssaft empfängt, die Samenhüllen bersten und der Embryo tritt hervor.

Chemische Veränderung, welche die im Samen enthaltenen Stoffe durch das Keimen erleiden.

Kirchhoff meint, dass der im Samen vorhandene Pflanzenleim und Eiweissstoff unter dem Einflusse der zum Keimen nöthigen Bedingungen auf das Amylum so wirke, dass es in Gummi und Zucker verwandelt wird. Nach Berzelius bewirkt die Diasthase, ein durch das Keimen modifizirter Eiweissstoff und Pflanzenleim, vermöge ihrer katalytischen Kraft eine Versetzung der Bestandtheile des Amylum und bildet so Gummi, Zucker etc. etc. Nach Meyen wird Humus und Humussäure von der Pflanze durch ihre Wurzel aufgenommen, und zu den verschiedenen Stoffen umgewandelt, als Gummi, Amylum, Zucker etc. etc. Diese Stoffe unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung meistens nur durch einen verschiedenen Wassergehalt; je nachdem also Wasser chemisch gebunden oder entzogen wird, so bildet sich bald dieser bald jener Stoff. Verbindet sich der Kohlenstoff des Amylum chemisch mit Wasser, so entsteht der Zuckerstoff und zwar bei geringerer Menge des Wassers bildet sich der Schleimzucker, bei grösserer Menge Rohrzucker und Traubenzucker, denn wenn man das Amylum mit verdünnter Schwefelsäure in der Hitze behandelt, so erhält man Rohr- und Trauben-

zucker. Verliert der Traubenzucker sein Wasser, so entsteht Humussäure. Die Pflanzensäuren bilden sich durch Verbindungen des Kohlenstoffes mit dem Sauerstoffe, oder des Kohlenstoffes mit dem Sauer- und Wasserstoffe, oder durch Verbindungen dieser Stoffe mit dem Stickstoff. Das Wachs, die Harze und die Oele stellen Verbindungen des Kohlenstoffes mit dem Wasserstoffe dar, wo gar kein oder nur wenig Sauerstoff vorhanden ist; tritt zu jenen Elementartheilen Stickstoff, so entsteht das Eiweis und der Kleber etc. Ist überschüssiger Kohlenstoff mit den Elementen des Wassers in dem Verhältniss der Wasserbildung vorhanden, so bildet sich die Zellenmembran und die Holzfaser, die sich vom Amylum nur durch einen grösseren Kohlenstoff- und geringeren Wasserstoff-Gehalt auszeichnet. So besteht die ganze Bildung der Pflanze und ihrer Theile in einer immerwährenden Zersetzung der vorhandenen Stoffe in ihre Elementartheile und in neuer Zusammensetzung derselben in einem anderen Verhältnisse. Diese Zersetzung und Wiederbildung wird von dem Leben der Pflanze geleitet und geht in den verschiedenen Lebensperioden bald schneller bald langsamer vor sich.

Ernährung und Wachsthum der Pflanzen.

Im thierischen Organismus ist die Ernährung mit dem Wachsthume nur bis zu einer gewissen Periode verbunden; bei den Vegetabilien aber schreitet die Ernährung mit dem Wachshume gleichen Schrittes fort; die einmal abgesetzten Theilchen werden nicht wieder aufgelöst, sondern es werden beständig neben den alten neue abgelagert. Das Wachsthum der Pflanzen erscheint unter 2 Formen. 1. Einlagerung des neuen Stoffes *Intussusceptio*. 2. Anlagerung *Iuxtapositio* oder *Appositio*.

1. Einlagerung. Die in der Zellenhöhle enthalte-

nen Kügelchen, welche grösstentheils aus Amylum bestehen, werden durch das Leben der Pflanze unter dem chemischen Prozesse in eine gleichmässige Masse gelöst, und mit dem umgebenden Schleime vereinigt. Die einzelnen Mollecule dieser gelösten Masse werden, nun zwischen die Mollekule, welche die Zellenmembran zusammensetzen, abgelagert, wo sie dann erhärten. Diese Einlagerung geschieht in der Richtung einer Spirale, so bilden sich zuerst Spiralfasern, und indem diese sich mit ihren Rändern berühren, wird die Zellenmembran als ein zusammenhängendes Ganze dargestellt. Diese Einlagerung hat auch ihre Gränzen, die sie nicht überschreitet. An jenen Stellen, wo sich neue Theile bilden, wie an den Enden der Achse der Pflanze, wird durch diese fortgesetzte Einlagerung neuer Theilchen, die Zelle in allen Durchmessern grösser. Hat sie nun eine gewisse Grösse, wie sie der Pflanzenart zukömmt, erlangt, so bildet sich in der Mitte dieser so vergrösserten Zelle eine Einschnürung, indem sich die Zellenwand an dieser Stelle rings um in die Zellenhöhle einstülpt. Hat sich die eingestülpte Zellenmembran in der Höhle an allen Punkten erreicht, so hört auch die früher bestandene Kommunikation zwischen den zwei zu bildenden Zellen auf, und so entstehen zwei Zellen, von denen eine jede ihre eigenen Wandungen hat. Diese Vermehrung von Zellen beschränkt sich nicht bloss auf die Abschnürrung durch Querwände, sondern auch auf die Theilung durch Längenwände. Diese Art der Zellenbildung kann man sehr genau bei niederen Pflanzen, die aus einer, oder aus wenigen Zellen bestehen, wie bei den Konferven, Fadenpilzen und Charen beobachten. Neben dieser Vermehrung der Zellen durch Theilung kommen bei einigen Charen mit doppelten Häuten noch zwei andere Arten der Zellenbildungen vor; eine aus der die einzelnen Schläuche umhüllenden

Schleimmasse, die andere aus dem Inhalte der Zelle selbst. Der Inhalt der Zelle verdichtet an seiner Oberfläche zu einer Membran, oder er theilt sich in mehrere Körperchen, deren jedes sich mit einer Haut überzieht. Die, jene neuen Zellen einschliessende Mutterzelle wird nach und nach absorbirt.

2. Anlagerung. Die durch Einlagerung entstandenen Zellen vergrössern sich nur bis zu einem bestimmten Umfange, wo dann der Bildungsstoff nicht mehr eingelagert wird, sondern er legt sich in der Form einer Membran an die innere Fläche der Zelle an. Die Absetzung der Mollekule zur Bildung dieser neuen Membran beobachtet ebenfalls die Richtung der Spirale. Nicht selten werden so viele neue Schichten in der Zelle abgelagert, dass ihr Lumen verschwindet.

Nach der Art des Wachsthumes gibt es:

1. Pflanzen, deren Wachsthum keine bestimmte Richtung hat, *Pantachobrya*: Flechten, Algen, Schwämme.

2. Pflanzen, die nur in einer bestimmten Richtung wachsen, *Corrobrya*, Farrenkräuter, Monocotyledonen und Dicotyledonen.

Der Stamm der vollkommenen Pflanzen verlängert sich, so lange er nicht verholzt ist, in seinem ganzen Verlaufe; diese Verlängerung nimmt von der Basis gegen die Spitze allmälig zu, wo dann die Blütenknospe dem ferneren Wachsen die Gränze setzt. Die Wurzel verlängert sich an ihren Enden durch Theilung. Die Blätter der Monocotyledonen wachsen nur an der Basis, der Dicotyledonen an der Spitze und an den Seiten. Der rohe Nahrungssaft wird von der Wurzel aufgenommen, in dem Stamme aufwärts geleitet, von Stelle zu Stelle immer mehr assimilirt, bis er die Blätter und die appendikulären Organe erreicht hat; hier wird er durch den Respirationsprozess vollends ausgebildet, und als Bildungssaft, *Cambium*, dahin ge-

führt, wo neue Bildungen eintreten sollen. Aus ihm bilden sich zuerst die Knospen, und erst dann, wenn sie gebildet sind, wird er bei den Dicotyledonen in der inneren Rindenschichte bis zur Wurzel herabgeleitet. An der äusseren Oberfläche des Holzkörpers erstarrt er zu einer festen Masse, dem sogenannten Jahresringe, dessen Bildung von oben nach abwärts vor sich geht; eben so werden an die innere Fläche der Kork- oder auch grünen und Bastschichte neue Massen abgelagert, aber in einer zu den ersteren entgegengesetzten Richtung. Der nun abwärts geführte Saft dringt auch seitlich in den Holzkörper, wandert von Zelle zur Zelle, um den Stoff zu neuen Bildungen zu liefern. An diesen Lauf des Bildungssaftes schliesst sich eine Thatsache, die das Gesagte bestättigt. Die Gärtner entblössen den Holzkörper eines Astes durch einen Ringschnitt von seiner Rinde, um dem Aste Blüten und Früchte zu entlocken. Durch dieses Verfahren kann der Bildungssaft nur bis zu dem obern Schnittrande gelangen, er häuft sich desshalb in dem Aste ober dem Ringelschnitte immer mehr an, und kann so mehr Stoff zu neuen Bildungen liefern.

3. Sekretion.

Sekrete sind aus rohem Nahrungsstoffe bereitete Materien, die in ihm als solche noch nicht vorhanden sind; Exkrete sind schon in dem rohen Stoffe vorhanden.

Cirkulationssystem der Pflanzen.

Unter den sezernirten Stoffen ist der Milchsaft der vorzüglichste; er wird in eigenen Gefässen, den Milchgefässen gleich dem Blute der Thiere bewegt.

Die Milchsaftgefässe sind so häufig in der Pflanzenwelt verbreitet, dass man füglich ein allgemeines

Vorkommen derselben annehmen kann, wenn sie auch in vielen Pflanzen noch nicht nachgewiesen sind. Sie finden sich oft in ganzen Pflanzenfamilien, wie in den Liliaceen, Euphorbiaceen, Papaveraceen, Asclepiadeen etc., vorzüglich in den Pflanzen tropischer Gegenden. Diese Gefässe bilden cylindrische Schläuche, welche aus einer gleichmässigen Membran bestehen. Sie verlaufen im ganzen Umfange des Stengels von der Wurzel bis zu den Blättern mit der Pflanzenachse parallel. Bei den Dicotyledonen finden sie sich meistens in der inneren Rindenschichte; bei einigen Familien aber auch im Marke, sie verlaufen einfach, nicht selten verästeln sie sich und bilden Anastomosen. In den blattartigen Organen verlaufen sie parallel mit den Holzbündeln mit oder ohne Verästlung, in den Wurzeln aber dauert ihr gerader Verlauf nicht lange, sie biegen sich bald um und laufen geschlängelt zwischen denselben. Die Membran der Gefässe ist in den krautartigen Pflanzen sehr zart, in den Pflanzen mit festem Gewebe aber viel dicker.

Der Milchsaft unterscheidet sich von den andern Säften der Pflanzen durch seine Färbung, Consistenz und seine innere Organisation, und steht zu der Ernährung der Pflanzen in der innigsten Beziehung. Der milchweisse Saft ist in den Pflanzen der häufigste, einen gelben oder orangefarbigen findet man beim Schöllkraut, einen röthlichen bei *Sanguinaria*, einen bräunlich grünen bei *Portulaca oleracea*, einen mattweissen bei einigen Monocolyledonen. Die Färbung und die Menge des Milchsaftes ist nicht nur in den verschiedenen Pflanzen verschieden, sondern zu verschiedenen Zeiten, ja in den verschiedenen Theilen einer und derselben Pflanze nicht gleich. Die Frucht- und Blütenhüllen sind besonders reich an Milchsaft. Die Milchgefässe in der Frucht des Mohnes sind mit diesem Safte so gefüllt, dass sie nicht selten zerreissen und der Saft

herausfliesst, welcher geronnen das Opium darstellt. Die Consistenz des Milchsaftes hängt von der Menge seiner festen Stoffe ab. Diese sind theils Milchsaftkügelchen, theils Amylumkörperchen. Jene haben eine verschiedene Grösse, eine runde Form und zeigen oft eine lebhafte Mollekularbewegung. Die Amylumkörperchen finden sich in den Euphorbien; sie haben bald eine cylindrische Form, bald sind sie am Ende oder in der Mitte verdickt. Man unterscheidet drei Klassen des Milchsaftes.

1. Der Milchsaft mit vorwiegendem Harze und Gummi, als: Opium der Milchsaft des Mohnes, *Gummi Gutti* jener der *Stalagmites cambogioides*, und der Milchsaft der Euphorbien.

2. Der Milchsaft mit vorherrschendem Kautschuck bei den Feigenarten. Im Milchsafte der jungen Zweige der *Ficus elastica* findet man eine dem Kautschuck ähnliche Substanz, das Viscin, welches ein noch nicht ausgebildetes Kautschuck ist.

3. Der Milchsaft mit vorherrschendem Eiweiss und Wachs. Hierher gehört der gelbe Saft des Kuhbaumes und jener des Melonenbaumes, welche gleich der Thiermilch genossen werden.

So wie sich das Blut im Gefässsystem des thierischen Organismus unaufhörlich bewegt, wie der Strom vom Centraltheil dem Herzen zur Peripherie, und von da zum Herzen zurückgeführt wird, eben so bewegt sich der in den Gefässen enthaltene Saft unaufhörlich und diese Bewegung besteht in einem regelmässigen Aufsteigen des Saftes aus der Wurzel durch den Stamm zu den Blättern und Blumen, und in dem Herabsteigen durch den Stamm zur Wurzel. Die Wurzel ist gleichsam das Centrum, von dem der Strom beginnt und wohin er wieder geführt wird. Die bewegende Kraft des Milchsaftes liegt nicht in den Gefässen, indem diese durchaus keine Irritabilität besitzen, wie De Can-

dolle behauptet, wohl aber in dem Milchsafte selbst. Die Bewegung des Milchsaftes in den einzelnen Theilen der Pflanze hängt mit dem ganzen Strome innig zusammen, so, dass die Bewegung in einem vom Zweige getrennten Blatte nach einiger Zeit ganz aufhört, wie die Bewegung des Blutes in einer abgeschnittenen Flosse. Wie die Wärme auf die Bewegung des Blutes einen grossen Einfluss übt, so äussert sie solchen auch auf die Bewegung des Milchsaftes; auch dieser bewegt sich rascher bei einer höheren Temperatur, langsamer bei einer niedrigeren.

Farbenbildung in den Pflanzen.

Mit dem Athmungs- und Ernährungsprozesse ist die Farbenbildung verbunden, die man als eine Art der Sekretion betrachten kann. Die Farbe der verschiedenen Pflanzentheile wird entweder durch die Färbung der Zellenwand oder durch gefärbte Kügelchen im ungefärbten Zellensafte oder durch den gefärbten Zellensaft selbst bedingt. Die an den Vegetabilien am häufigsten vorkommende Farbe ist die grüne; man findet sie nicht allein an den Blättern, sondern auch an den Blumen, so lange sie noch im Knospenzustande sind; sie ist die Base, aus der sich die andern Farben bilden. Die grüne Färbung der Pflanzentheile wird durch grüngefärbte Kügelchen, die sich in den Zellen finden, hervorgebracht; diese sonst farblosen Körperchen sind von einem eigenen Stoffe, dem Chlorophyll, durchdrungen, welcher Stoff sich leicht durch Extraction mittelst Oels, Alkohols und Aethers darstellen lässt. Dieser eigenthümliche Stoff wird durch Wasser gelb, durch conc. Schwefelsäure und Alkohol blau, indem im ersteren Falle das Wasser mit dem Chlorophyll chemisch gebunden, im letzteren aber demselben das Wasser entzogen zu seyn scheint. Wenn man Pflanzen mit grüner Färbung dem Sonnenlichte entzieht, so werden sie blassgelb,

bleichsüchtig, sie hauchen im Sonnenlichte keinen Sauerstoff aus, allein es genügen nur einige Stunden, um solchen Pflanzen durch die Sonnenstrahlen ihr frisches Grün wieder zu geben. Die grüne Farbe hängt von der Respiration ab, indem im Sonnenlichte Kohlensäure eingeathmet und in der Pflanze zersetzt wird; der Kohlenstoff bleibt zurück und wird zur Bildung des Chlorophylls verwendet, der Sauerstoff wird aber ausgeschieden. Im Schatten und im Dunkeln athmen die Pflanzen Sauerstoff ein, dieser bildet mit dem Kohlenstoffe der Pflanze Kohlensäure, welche ausgeschieden wird. So wird durch das eingeathmete Oxygen der grösste Theil des Kohlenstoffes der Pflanze entzogen, und hiermit die Bildung des Chlorophylls gestört; und wirklich enthalten bleichsüchtige Pflanzen weniger Kohlenstoff als jene mit frischem Grün, sie enthalten weniger feste und harzige Theile, dagegen mehr Wasser und Kohlensäure. Auf die Bildung des Chlorophylls hat das Sonnenlicht nur in so fern einen Einfluss, als es als Reiz wirkt, der den chemisch vitalen Prozess der Pflanze verstärkt; denn auch solche Theile, mit welchen das Sonnenlicht in keiner unmittelbaren Berührung steht, wie die Samen mancher Pflanzen, die grüne Schichte der Rinde, und die Markscheide des Samens, ja selbst Pflanzen, die in der Tiefe des Meeres wachsen, sind grün gefärbt. Einige Pflanzen erfordern nur einen sehr geringen Grad der Einwirkung des Sonnenlichtes, das heftige Sonnenlicht ist ihnen sogar schädlich, sie werden bleichsüchtig, z. B. die Lebermoose; oft reicht das Lampenlicht hin, um Chlorophyll in der Pflanze zu bilden; andere Pflanzen, besonders die Dicotyledonen, haben ein stärkeres Sonnenlicht nöthig. Einen ähnlichen Reiz, wie das Licht, übt das Wasserstoffgas, verbunden mit Kohlensäure, auf die grüne Färbung der Pflanzen aus; werden grüne Pflanzen, z. B. *Plantago lanceolata*, in die Tiefe jener Minen gebracht, die solche

Gasarten enthalten, so behalten sie ihr Grün. Landpflanzen werden im Wasser wegen gehinderter Respiration blass; wenn auch die meisten Wasserpflanzen ein dunkleres Grün zeigen, so haben sie doch eine andere Respiration, da ihre Organe anders gebaut sind. Aus der grünen Farbe entwickeln sich zwei Hauptfarben, die gelbe und die blaue, deren jede für sich viele Modifikationen zeigt. Hach Schübler und Frank bildet sich aus der grünen Farbe eine Reihe von Farben mit vorstechendem Gelb unter folgenden Uebergängen: Grünlichgelb, Gelb, Orangegelb, Orange, Orangeroth, Roth. Aus dem Grün entwickelt sich noch eine zweite Reihe, deren Grundton das Blau ist, unter folgenden Modifikationen: Grünlichblau, Blau, Blauviolett, Violett, Violettroth, Roth. Die erste Reihe nennt De Candolle die xanthische, die zweite die cyanische. Nach Marquart liegt der gelben Farbe das Blumengelb, Anthoxanthin, der blauen das Blumenblau, Anthokyan, zum Grunde.

Das Blumengelb ist ein harziger Extractivstoff, der bald in Wasser, bald in Alkohol, bald nur im Aether löslich ist. Es hat mit dem Chlorophyll eine grosse Aehnlichkeit, da conc. Schwefelsäure beide dunkel indigblau färbt; es wird nach Marquart aus dem Grün durch chemisches Binden des Wassers gebildet. Alle gelben Blumen enthalten nebst dem Blumengelb noch einen farblosen Extractivstoff, der an der Luft gelblich oder bräunlich, durch conc. Schwefelsäure gelb wird. —

Dieser Extractivstoff soll sich auch in den weissen Blumen finden und diese sollen durch Alkalien gelb werden; überdiess enthalten noch die weissen Blumen ein gelbliches oder weissliches Harz, das durch conc. Schwefelsäure braun und endlich purpurroth wird; wenn aber die Schwefelsäure Wasser anzieht, so geht diese Farbe verloren. Marquart hält die weisse Far-

be für eine Uebergangsstufe zwischen Grün und Blau. Meyen hält diesen harzigen Extractivstoff für die Basis, woraus sich das Blattgrün, Blumenblau und Gelb bildet. Einige halten das Weiss für eine unvollkommene Ausbildung des Färbestoffes, indem weisse Blumen im Lichte ihre Farbe wechseln, und im Norden sehr viele weisse Blumen vorkommen. Alle Blumen waren in ihrem Knospenzustande grünlich und aus diesem Grün entwickelt sich das Gelb, das Blau und Weiss. Dieser Wechsel des Grüns ins Gelb, Blau und Weiss wird durch den gesteigerten Vegetationsprozess und durch das Leben der Pflanze bedingt; denn weisse Blumen werden grün, wenn ihre Entwicklung durch Entziehung der nöthigen Lebensreize unterdrückt wird. Die Blumen des *Hibiscus mutabilis* sind am Morgen weiss, Mittags rosenroth, Abends dunkelroth; bei der Tamarinde sind die Blumen den ersten Tag weiss, den zweiten Tag gelb. Auf einer und derselben Pflanze findet man bald blaue, bald weisse, bald rothe Blumen, ja an einer Blume findet man nicht selten verschieden gefärbte Blumenblätter, doch nehmen alle Theile dieselbe Nahrung aus dem Boden und aus der Luft auf. Dass das Leben der Pflanze auf die Farbenbildung einen wesentlichen Einfluss ausübe, ist daraus zu ersehen, dass einige Gattungen nur eine bestimmte Farbe in ihren Blumen zeigen. So haben alle Campanulae blaue oder weisse Blumen, wie verschieden auch die Verhältnisse sind, unter denen sie fortkommen. Man zählt viele Pflanzengattungen, deren Arten verschieden gefärbte Blumen haben, doch ist diese Färbung unter allen Einflüssen konstant, z. B. *Gentiana lutea*, *Anagallis phoenicea*, alle Krokusarten *Aconitum*, *Iris*. Es fehlt auch nicht an Pflanzen, deren Blumen Farben aus der Reihe des Gelb und Blau zeigen.

So sind bei der gemeinen Aster die in der

Mitte stehenden Scheibenblüthen immer gelb, die Strahlenblüthen aber haben immer eine andere Färbung; so hat das Stiefmütterchen zwei gelbe und zwei blaue Blumenblätter; zuweilen geht das Gelb einer Blume in eine Farbe der entgegengesetzten Reihe über, z. B. die Blüten der *Myosotis versicolor* sind Anfangs gelb, werden aber später blau. In allen Fällen tritt die gelbe Farbe zuerst auf, ihr folgt die rothe, die dann in die blaue übergeht.

Das Blumenblau ist im Wasser leicht auflöslich und wird durch die Kohlensäure der Luft oder durch eine geringe Menge einer andern schwachen Säure ins Violett, durch einen grössern Zusatz von Säuren ins Roth, endlich ins Orange verwandelt. Nach Schübler und Lachenmayer werden die rothen Hortensien blau gefärbt, wenn man dem Boden, in dem sie wachsen, Kohle, Alaun oder Eisenoxydul zusetzt; dieses beweist deutlich, dass der rothe Färbestoff durch Desoxydation in den blauen verändert werden kann; auch die blauen Blumen der *Pulmonaria*, *Borago*, *Myosotis* werden nicht selten roth.

Färbung der Blätter zur Herbstzeit.

Im Herbste verlieren die Blätter ihr schönes Grün und werden bald gelb, bald roth, bald braun gefärbt. Robinet und Goibourt haben bewiesen, dass die Farbe der Blätter im Herbste mit der Farbe, die man in den übrigen Theilen der Pflanze findet, meistens übereinstimmt. So haben die Blätter der Pflanzen, welche gelbe Blumen, gelbes Holz oder gelbe Früchte tragen, im Herbste auch eine gelbe Färbung, wie bei den Cucurbitaceen; die Blätter hingegen sind im Herbste roth gefärbt, wenn die Pflanze rothe Blumen oder rothe Früchte hat, wie wir es an der *Hedera Helix*, *Prunus Padus*, *Populus tremula*, *Rubus caesius*, *Fragaria vesca* u. s. w. sehen. Dieser Farben-

wechsel, welchen die grünen Blätter im Herbste erleiden, erfolgt nach den Beobachtungen des Macaire-Prinsep nur unter dem Einflusse des Sonnenlichtes; denn wenn die Pflanzen im Dunkeln wachsen, so werden ihre abgefallenen Blätter nicht entfärbt, sondern sie bleiben stets grün, oder wenn die abgefallenen grünen Blätter in Haufen geschichtet sind, so werden die obersten zuerst entfärbt und die untern haben noch immer ihre grüne Farbe. Bei einigen Pflanzen entfärben sich die Blätter schon an ihrem Aste und fallen dann erst ab, oder sie entfärben sich, nachdem ihr Zusammenhang mit der Pflanze aufgehoben worden; nicht selten verändern sie ihre grüne Farbe, bleiben aber mit der Pflanze verbunden und im kommenden Frühjahre erlangen sie ihr Grün wieder, wie die Blätter von *Sempervivum*, *Sedum* etc. Mohl ist der Meinung, dass zwischen dem Rothfärben der Blätter im Herbste und ihrem Absterben kein ursächlicher Zusammenhang statt finde, dass die veränderte Funktion der Blätter, indem sie vor dem Absterben aufhören, Sauerstoff auszuathmen, denselben aber immer aufnehmen, jene Farbenveränderung bedinge; diese Farbenveränderung kann nicht nur unter dem Einflusse des Herbstes und des Winters geschehen, sondern sie kann auch durch Insektenstiche herbeigeführt werden. Die Entfärbung der Blätter zur Herbstzeit steht mit der Lebensthätigkeit der Pflanze im innigen Zusammenhange; denn es findet gar kein Farbenwechsel statt, wenn das Leben der Pflanze plötzlich aufgehoben wird, z. B. durch das Abbrechen der Blätter ausser der Zeit des Farbenwechsels, eben so ist die Farbe des abgefallenen Blattes schon das ganze Jahr voraus bestimmt und mit der Farbe der übrigen Pflanzentheile übereinstimmend. Berzelius hat gefunden, dass der gelben Färbung der Blätter zur Herbstzeit das Xanthophyll, Blattgelb zum Grunde

liege, und dass sich dieses wesentlich von dem Blumengelb des Marquart unterscheide. Das Blattgelb ist ein eigenthümliches Fett, das im Alkohol schwer löslich ist, und durch eine kalte Infusion der gelben Blätter im starken Alkohol, und nachherige Destillation gewonnen werden kann. Es bildet sich aus dem Blattgrün durch den geänderten Lebenseinfluss des Blattes, und durch die Änderung seiner Verrichtung. Nach Berzelius wird die braune Färbung des Laubes durch einen, Anfangs farblosen, nach Einwirkung des Sauerstoffes braun gewordenen Extract verursacht; die rothe Farbe der Blätter im Herbste soll durch einen rothen Färbestoff das Blattroth *Erythrophyll*, welches mit dem, aus dem gesäuerten Blumenblau gewonnenen Roth vollkommen übereinstimmt, bedingt seyn. Aus diesem ergibt sich, dass den Pflanzenfarben 5 eigenthümliche Färbestoffe zum Grunde liegen: Das Blattgrün, das Blattgelb, das Blattroth, das Blumengelb und das Blumenblau.

Drüsen der Pflanzen.

Die Drüsen sind besondere Absonderungsorgane, die aus Zellen, welche die verschiedenartigsten Stoffe absondern, bestehen. Es gibt äussere und innere Drüsen.

Die äussern Drüsen liegen auf der Oberfläche der Pflanzen und sind entweder einfach, wenn sie aus einer oder aus wenigen Zellen bestehen, oder zusammengesetzt, wenn sie aus Häufchen von Drüsen gebildet werden.

Die einfachen Drüsen stellen sich als Härchen dar, welche die Oberfläche der Pflanzen überziehen; sie sind ungestielt oder gestielt, und finden sich bei *Helleborus foetidus*, *Lysimachia vulgaris etc.*

Die einfachen Drüsen sondern ölige oder harzige

Stoffe ab, die bald im Innern abgelagert, bald nach Aussen abgesetzt werden; ähnliche Stoffe werden auch ohne eine besondere Vorrichtung bloss von den gewöhnlichen Haaren gewisser Pflanzen, z. B. *Lysimachia*, sezernirt.

Die zusammengesetzten äusseren Drüsen sind entweder hohl, oder mit Zellengewebe gefüllt.

Die hohlen zusammengesetzten äusseren Drüsen sind:

1. Scheibenförmig mit einer concaven Oberfläche und einem kurzen Stiele auf der untern Fläche. Sie werden aus gelbgefärbten Zellen gebildet, und sind beim Hopfen sehr ausgezeichnet; man findet sie hier an den jungen Blättern, am Stengel, auf den Kelchblättern der männlichen Blüthen, auf den Schuppen und Samenhüllen der Zäpfchen des Hopfens. Sie enthalten eine schleimige Flüssigkeit, Öltröpfchen und sehr viele Kügelchen, welche eine lebhafte Bewegung zeigen. Der Inhalt dieser Zellen ist die eigentlich wirksame Substanz des Hopfes.

2. Mützenförmige Drüsen. Sie finden sich in den Blattwinkeln bei den *Rubiaceen*, beim *Galium aparine* u. s. w.

Die zusammengesetzten Drüsen, die keine Höhlen enthalten, sind von doppelter Form:

1. Gegliederte Drüsen. Die einfachste Form derselben findet sich bei der *Bryonia alba*. Sie stellen kleine Härchen dar, wo die 4 — 5 letzten Zellen perlenförmig an einander gereiht sind.

2. Perl-Drüsen. Diese sind kugelförmige, wasserhelle Körperchen, die mittelst eines Stieles an der Oberfläche befestigt sind, und eine klare Flüssigkeit enthalten. Sie finden sich bei den *Cecropien*, bei der *Beconia* u. s. w. — Zu den äussern zusammengesetzten Drüsen gehören noch die *Nectarien*. Sie kommen in den Blüthen der Pflanzen, meistens in der Nähe des

Fruchtknotens vor. Ihr Zellengewebe unterscheidet sich kaum von dem übrigen. Der Nektar dieser Drüsen enthält Harze, Oele, Extraktivstoffe, Zucker, Wasser u. s. w. Nachdem dieser oder jener Theil im Nektar vorherrscht, hat auch der Honig einen verschiedenen Geschmack. Die Absonderung des Nektars beginnt zugleich mit dem Befruchtungsakte der Pflanzen, und steht mit dieser in einer innigen Verbindung. Die Nektarien sind bestimmt, den überflüssigen Kohlenstoff auszuscheiden.

Innere Drüsen. Sie bestehen aus Parenchymzellen, die sphärisch zusammengestellt sind. Sie sondern in diesen Zellen ätherische Öle mit Harz und Kampfer ab; nachdem die Zellen durch das Auseinanderweichen in der Mitte eine Höhle gebildet haben, tritt das Oel aus den Zellen in diese Höhle. Solche Drüsen finden sich bei den *Oranjen*, *Rutaceen*, *Labiaten* und *Myrthen* allgemein.

Absonderung des Harzes, Gummi's und ätherischen Oeles.

Das Harz, das Gummi und die ätherischen Oele kommen nicht allein im Innern der Zellen vor, sondern sie werden sehr häufig auch noch in eigenen Behältern abgelagert. Diese Behälter haben mit den Höhlen der innern Drüsen eine gleiche Bedeutung, und die Stoffe werden von den, die Wände dieser Behälter umgebenden Zellen abgesondert; besonders deutlich treten diese Sekretionsbehälter in den Wurzeln der Georginien auf.

Nicht selten werden diese Stoffe in den Behältern in einer solchen Menge abgesondert, dass die Behälter reissen und ihren Inhalt austreten lassen. Im krankhaften Zustande wird das Harz, z. B. bei unseren Coniferen, nicht nur von den, die Wände dieser Behälter bildenden Zellen abgesondert, sondern noch

andere Zellen des Holzkörpers übernehmen die Sekretion, und scheiden ihren Inhalt in die neugebildeten Interzellulargänge aus. Die Harze und das Gummi mögen sich im flüssigen Zustande dem Milchsafte gleich bewegen, denn bei den Coniferen ist eine absteigende Bewegung des flüssigen Harzes erwiesen, indem sich solches nicht an der Wurzel sammeln und ausfliessen könnte. Es gibt flüssige Harze, die sogenannten Balsame, und trockene Harze. In den Balsamen sind die festen Stoffe mit den ätherischen Oelen gelöst. Die Harze sind in der Natur immer mit ätherischen Ölen verbunden, und wahrscheinlich bilden sich jene aus diesen durch Aufnahme des Sauerstoffes. Das allgemeinste Harz ist der Terpentin, welcher das Harz im Terpentinöl aufgelöst enthält, und aus 5 M. Kohlenstoff, 8 M. Wasserstoff besteht. Viele ätherische Oele, als: das Oel der Coniferen, die Basis des Cajeputöles, das Zitronen- und Limonenöl haben mit dem Terpentinöle eine gleiche Zusammensetzung. Die in solchen Oelen enthaltenen Harze, als der Kampher, das Colophonium, u. s. w. unterscheiden sich von den Oelen nur durch einen geringen Gehalt von Sauerstoff. Die trockenen Harze haben nur eine geringe Menge flüchtigen Oeles, dagegen viele Säuren, besonders Bensoësäure.

Die ätherischen Oele kommen in allen riechenden Pflanzen, besonders in den Blumen derselben, vor. Einer jeden Pflanzenart kömmt ein eigenthümliches Oel zu, nicht selten hat eine Pflanze mehrere Oele, z. B. der Pomeranzenbaum. Diese Oele werden in den Blumenblättern bloss von einfachen Zellen, in den Blättern und Früchten aber von Drüsen abgesondert.

Geruch der Pflanzen.

Die Pflanzen verdanken ihre mannigfaltigen Gerüche den verschiedenen Stoffen, die sie an verschie-

denen Stellen absondern. Zu den vorzüglichen Riechstoffen gehören: 1. schleimige Riechstoffe, 2. Oelige und sehr flüchtige Stoffe, z. B. beim Jasmin. 3. Oelige flüchtige Riechstoffe der Labiaten. 4. Gewürzhafte und saure Riechstoffe, die die blauen Pflanzenfarben röthen, z. B. die Vanille. 5. Schwefelwasserstoffige Riechstoffe, z. B. die der Kresse, des Löffelkrautes.

Die Pflanzengerüche sind ausdauernd oder periodisch. Sie sind ausdauernd in allen jenen Pflanzen, in welchen ätherische Oele und Harze abgelagert auftreten, der Geruch hält sich oft durch viele Jahre, besonders wenn die Zellenwände davon durchdrungen sind, wie beim Kien- und Zedernholze. Im frischen Zustande riechen die Pflanzen stärker als im trockenen, und viele müssen erst zerdrückt werden, um Geruch zu entwickeln, wie die Blätter der Kampher-Bäume. Der periodische Geruch der Pflanzen wird durch sehr flüchtige Stoffe, die nur in gewissen Perioden erzeugt und ausgedünstet werden, verursacht. Jene Pflanzen, in welchen die Riechstoffe fest sind, riechen im Sonnenlichte stärker als im Schatten, uud haben einen andauernden Geruch. Die Nacht ist der Entwicklung des Riechstoffes der Pflanzen besonders günstig; die meisten Pflanzen riechen am Abend und in der Nacht stärker, ja viele riechen nur in der Nacht, da hier ein günstiger Zustand der Atmosphäre zur Verbreitung der Gerüche eintritt und die Riechstoffe durch den fallenden Thau gleichsam niedergeschlagen werden. Die Pflanzen, deren Blüthen nur des Abends und in der Nacht riechen, haben unter einander eine ähnliche Färbung, nämlich eine gelbbraune mit Schwarz gemischt, wie: *Hesperis tristis*, *Pelargonium triste*, *Gladiolus tristis*. Einige Pflanzen riechen nur im Sonnenlichte, wie die *Cacalia*. Eine üppige Vegetation befördert die Ausscheidung der Riechstoffe, daher riechen einige unserer Pflanzen unter den Tropen stärker, z. B. Jasmin, andere aber ver-

lieren in warmen Klimaten ihren Geruch, wie *Marubium vulgare.* Einige Aroideen und Stapelien geben gegen das Ende ihrer Blüthezeit einen starken, unangenehmen Geruch von sich, welchen man nur von der Ausscheidung des Stickstoffes zu jener Zeit ableiten kann. Die Entwicklung des Geruches der Pflanzen hängt mit der Respiration zusammen, da die Aufnahme der Kohlensäure und die Ausscheidung des Sauerstoffes die Bindung oder Entbindung des Riechstoffes bedingt, und die Aufnahme des Sauerstoffes den Riechstoff nicht selten zerstört; so wird das Bittermandelöl durch den Sauerstoff in Bensoesäure verwandelt. Desshalb kann die Entwicklung des Geruches bei einigen Pflanzen nur am Tage, bei einigen nur des Nachts eintreten, je nachdem bald Kohlensäure, bald Sauerstoff eingeathmet wird. Das Sonnenlicht äussert auf die Entwicklung des Geruches der Blumen einen grossen Einfluss, da die im Dunkeln gezogenen Pflanzen nie wohlriechende Blumen tragen. Der Geruch einiger Pflanzen, der sonst nicht nachtheilig ist, wirkt auf ein erkranktes Nervensystem schädlich, z. B. der Veilchengeruch affizirt nicht selten zarte Damen unangenehm; andere Pflanzen, besonders die narkotischen, verbreiten unter allen Umständen einen nachtheiligen, ja sogar tödtlichen Geruch, z. B. *Rhus radicans.*

Ausscheidung verschiedener Stoffe an der Oberfläche der Pflanzen.

Viele Pflanzen scheiden eine wässerige Flüssigkeit an ihre Oberfläche, andere aber in eigene Behälter aus. Besonders bemerkt man diese Ausscheidung des Wassers bei den Monocotyledonen, wo es sich in Form von Tropfen an der Oberfläche der Pflanzentheile im warmen Sommer sammelt. Diese Tropfen findet man meistens an der Spitze oder am Rande des Mittelthei-les des Blattes, besonders dann, wenn die Verdünstung

an der Oberfläche der Blätter durch den grossen Wassergehalt der Luft unterdrückt wird, wie es zur Nachtzeit der Fall ist. Beim Tage, wo die Pflanzen transpiriren, verdunstet das aufgenommene Wasser; des Nachts, wo die Transpiration aufhört, sammelt sich die Feuchtigkeit an der Oberfläche der Pflanze. Die Ausscheidung des Wassers geschieht nicht nur durch die Substanz der Pflanze, sondern auch durch die Spaltöffnungen, und ist öfters so stark, dass das Wasser wie ein leichter Regen herabfällt. Das Austreten des Wassers an die Oberfläche der Pflanze ist die Folge des Druckes, mit welchem das Wasser, welches die Pflanze aufgenommen, vermöge der Endos- und Exosmose emporgetrieben wird. Der Wasserexkretion an die Oberfläche der Pflanzen ist jene ähnlich, wo das Wasser in besondere Behälter, die einige Pflanzen besitzen, abgesondert wird. So haben die Nepenthes-Arten an den Enden ihrer Blätter längliche Schläuche, welche die Form eines Kruges mit geschlossenem Deckel haben.

Ausser der wässerigen Feuchtigkeit findet man an der Oberfläche der Pflanzen noch andere Stoffe, die theils von Drüsen, theils von den oberflächlich gelegenen Zellen abgesondert werden. Zu diesen gehört jene klebrige wohlriechende Substanz, welche einige Pflanzenarten, wie die Balsampappeln und die Rosskastanien, an die Oberfläche der jungen Knospen ausscheiden; dieses Exkret scheint zum Schutze der Knospen gegen die schädliche Einwirkung des Wassers bestimmt zu sein. An einigen Theilen gewisser Pflanzen findet man eine wachsartige Substanz, die als blauer Reif die Pflaumen und Weintrauben überzieht, und sich wieder erzeugt, wenn man ihn abwischt; einen ähnlichen Ueberzug haben die Blätter des Kohles, der Pappeln, und die Pollenbläschen, deren wachsartige Substanz mit ätherischem und fettem Oele gemischt, von den Bienen gesammelt wird. Dieser Ueberzug scheint auch hier die

Theile gegen die Einwirkung des Regens schützen zu wollen. Nicht allein die Landpflanzen sind mit einem Wachsüberzuge versehen, sondern auch die Wasserpflanzen, wie die Conferven und Tangen, haben eine ähnliche Umhüllung, die sie gegen die Einwirkung des Wassers sichert. Endlich findet man an der Oberfläche vieler Pflanzen noch unorganische Substanzen, welche von der Pflanze im gelösten Zustande aus dem Boden aufgenommen, und nachdem ihr Lösungsmittel, das Wasser, an der Oberfläche der Pflanze durch Transspiration entfernt worden, an der Oberfläche als Salze ausgeschieden werden. Desshalb sind viele Pflanzen des südlichen Peru und des nördlichen Chili's mit starken Salzkrystallen und Salzkrusten bedeckt; so findet man auch an der Oberfläche einiger Saxifraga-Arten, die in einem kalkreichen Boden wachsen, eine Kalkkruste. Auch einige Charenarten haben einen Kalküberzug, doch dürfte dieser nicht so sehr durch die Aufnahme des Kalkes von der Pflanze und durch dessen Ausscheidung an die Oberfläche derselben, als vielmehr durch die Absetzung des basisch kohlensauren Kalkes des Wassers an die äussere Fläche des Charenschlauches zu erklären seyn.

Der vierte und lezte Abschnitt, über die Reproduction der Pflanzen, wird bei einer anderen Gelegenheit erscheinen.

UB Wien
+AM505751306