

Die Pflanze und das Licht.

Von

DR. FRANZ RITTER V. HÖHNEL,

Honorardocent.

Vortrag, gehalten am 27. December 1882.

Mit sechs Holzschnitten.

Licht, Wärme, Luft und Wasser sind die vier Elemente, welche vor Allem berufen sind, die organische Welt aufzubauen. Zwei derselben, Luft und Wasser, liefert der Mutterboden, die Erde; Licht und Wärme hingegen sind Gaben der Sonne, welche zwar nicht die Schöpferin der organischen Welt ist, wohl aber die Erhalterin derselben. Luft und Wasser sind Körper, sie bilden der Hauptsache nach den Leib der Organismen; Licht und Wärme hingegen sind Kräfte: sie erfassen den Stoff und bilden ihn zum Organismus um. Während also dem mütterlichen Erdboden die Körper entstammen, aus welchen die Pflanzen und Thiere aufgebaut sind, sind die sie umbildenden und formenden Mächte, die Kräfte, die ihnen den Odem des Lebens einhauchen, himmlischen Ursprungs.

Wer von denjenigen, die diese nun wissenschaftlich feststehenden Thatsachen kennen, die einem nur kleinen Theile der menschlichen Bevölkerung und kaum seit zwei Menschenaltern bekannt sind, wird nicht von ehrfurchtsvollem Staunen über die ahnungsreichen Meinungen und Ueberzeugungen so zahlreicher und den verschiedensten

Zeitaltern der Geschichte angehöriger Völker ergriffen sein, die in dem Belebenden der organischen Körper eine überirdische Kraft — Geist genannt — erkannten, oder die sich voll ahnender Dankbarkeit an ihre thatsächliche Erhalterin, anbetend an die Sonne wandten?

In der That giebt es kaum eine merkwürdigere naturwissenschaftliche Errungenschaft als die Erkenntniss, dass fast die gesammte Kraft, welche in der organischen Welt steckt, von der Sonne abstammt. Schon ohne genaue Untersuchung ist es möglich, die Abhängigkeit der organischen Welt von der Sonne zu erkennen. Die Erscheinungen, welche in unseren Breiten die verschiedenen Jahreszeiten bieten, das Verhalten der organischen Welt in der Tropenzone, im Gegensatze zu dem in den Polargegenden, und zahlreiche andere grosse Begebenheiten in der Natur lassen Folgerungen zu, die die Wirkung der Sonne auf die organische Welt erkennen lassen. Ueber alles Nähere dieser Wirkung, über das Wie und Wo der geheimen Thätigkeit der Sonne auf der Erde geben uns aber derartige allgemeine Beobachtungen keinen Aufschluss. Es war der Thätigkeit der Physiker, Chemiker und Pflanzenphysiologen vorbehalten, die Natur in ihren geheimen und oft mikroskopisch kleinen Laboratorien zu belauschen, und wenn die Forschung bisher auch nur einen unendlich kleinen Theil der endlos mannigfaltigen Phänomene begreifen gelernt hat, so ist doch dieser schon geeignet, unser Interesse bis zu sprachlosem Staunen über das wunderbare Wirken der Naturkräfte zu erregen.

Jetzt, nachdem fast ein Vierteljahrhundert vergangen ist, seitdem durch Charles Darwin's Genie die Welt in die Entstehung des Menschengeschlechtes und der thierischen und pflanzlichen Organismen überhaupt tiefe Einblicke erhalten hat, wird sich kein consequent Denkender der Folgerung entschlagen können, dass sich die erste organische Substanz, und mithin auch der erste Organismus, auf der Erdoberfläche von selbst, unter dem glücklichen Zusammentreffen besonderer Umstände, gebildet habe. So wie aber die heutigen Organismen die Endglieder einer langen Entwicklungsreihe sind, so ist zweifellos die erste Zelle das Resultat von durch ausserordentlich lange Zeiträume währenden chemischen Processen mit organischen und unorganischen Substanzen, die allmählig immer höher zusammengesetzt und complicirter wurden, bis endlich der grosse und folgenschwere Moment der Entstehung eines kleinen Organismus eintrat. Es ist aber kaum einem Zweifel unterworfen, dass selbst die einfachsten heute existirenden Organismen, etwa die einfachen kernlosen Amöben, gegenüber den Erstlingen der organischen Welt hochcomplicirt zusammengesetzt sind, dass es also Stufen verschieden intensiven Lebens gab, die allmählig zu jener hohen Stufe von Leben führten, auf der die heutige organische Welt beruht.

Es ist wahrscheinlich, dass alle diese Prozesse zu einer Zeit verliefen, als die Erde auf ihrer Oberfläche noch nicht so stark abgekühlt war, wie sie es heute ist, wo ihr die Eisbildung noch gänzlich fremd war und noch

dichte, undurchdringliche Wolkenmassen den Himmel bedeckten. Es ist daher auch wahrscheinlich, dass den ersten Organismen der directe Einfluss des Sonnenlichtes fehlte: Die Erde schuf ihre Kinder selbst. Durch die Fortdauer der organischen Processe mag sich die Masse der organischen Substanz vermehrt haben, und diese mag den älteren der primitiven Organismen gewissermassen zur Nahrung gedient haben. Indessen kühlte sich die Erde mehr und mehr ab, endlich durchbrach die Sonne die allmählig weniger dichte Wolkendecke und es traf der erste Sonnenstrahl die Erstlinge der organischen Welt. Wenn wir uns daran erinnern, wie mächtig der Einfluss der Sonne auf die heutigen Organismen ist, so werden wir uns des Gedankens nicht entschlagen können, dass jene erste Besonnung der organischen Welt einen kräftigen Impuls zu weiterer Entwicklung gegeben haben muss. Welch' weiter und merkwürdiger Weg nun von jenem epochemachenden Zeitpunkte bis zu dem, wo die Organismen lernten, sich die in den Sonnenstrahlen enthaltene Kraft direct zu Nutze zu machen und mit ihr die Maschine ihres Lebens zu treiben, sowie der Mensch mit dem Dampfe die seinen! Neue Körper, neue Verbindungen und Combinationen mussten entstehen, bevor die Organismen das Licht direct verwerthen konnten, und mächtige Räthsel bietet uns dieser gewiss sehr lange Zeitraum, in dem die Schaffung der organischen Substanz dem Lichte übertragen und so die Fortexistenz der organischen Welt in einer Zeit gesichert wurde, wo die alternde Mutter Erde

immer mehr von ihrer Wärme verlor, bis es schliesslich nur die Sonne verhinderte, dass sie sich nicht ganz mit einem ewigen Eismantel umhüllte. So stieg allmählig der Einfluss der Licht und Wärme spendenden Sonne, und jetzt ist derselbe so mächtig und mannigfaltig, dass es kaum eine Function der gesammten organischen Welt giebt, die nicht, sei es direct oder indirect, von der Sonnenwirkung abhängig ist.

Gehen wir nun der speciellen Aufgabe des heutigen Vortrages nach, der im Einzelnen die Abhängigkeit der Pflanzen vom Lichte zeigen soll, so ist zunächst nicht zu verkennen, dass mit der Lösung dieser Frage, bei dem Umstande, dass sich die ganze Thierwelt mittelbar oder unmittelbar von Pflanzen ernährt, auch das vitale Abhängigkeitsverhältniss der gesammten organischen Welt vom Lichte und mithin von der Sonne klargelegt ist.

Heute ist die Erdoberfläche mit einer grossen Menge anorganischer Körper und im Verhältniss zu ihnen wenig organischen, lebenden Körpern bedeckt. Die Menge der organisirten Substanzen ist beständigen Fluctuationen unterworfen. Durch Zersetzung bilden sich anorganische Körper aus ihnen, und neue organische Körper werden aus anorganischen gebildet.

Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, dass die Thiere nicht im Stande sind, von unorganischer Nahrung zu leben. Sie sind auf Fleisch oder Pflanzenkost angewiesen. Nachdem aber in der organischen Welt sichtlich einerseits organische Substanz durch Absterben und Zer-

setzung verloren geht, andererseits neu entsteht, so ist es klar, dass die Pflanzen es sein müssen, die im Stande sind, aus anorganischer Nahrung ihre Organe zu bilden, von solcher also zu leben. Die Wissenschaft lehrt nun, dass nicht alle Pflanzen zu dieser Thätigkeit befähigt sind, sondern nur jene, die in ihren Organen einen bestimmten grünen, Chlorophyll oder Blattgrün genannten Farbstoff führen. Alle nichtgrünen Pflanzen, wie z. B. die Pilze und manche höhere Schmarotzerpflanzen, leben ganz so wie die Thiere von organischer Nahrung. Aber selbst bei den grünen Pflanzen sind es nur die grüngefärbten Theile oder Organe, welche aus anorganischen Stoffen organische bilden können. Alle nichtgrünen Theile einer Pflanze beziehen ihre organische Nahrung aus den Blattgrün führenden.

Das Chlorophyll findet sich in den Pflanzen vornehmlich in den Zellen der Blätter, die ja in der Regel durch ihre intensiv grüne Färbung ausgezeichnet sind. Diese Zellen stellen kleine, höchst verschieden gestaltete Bläschen vor, die miteinander fest verwachsen sind und zum Theil mit einer wässerigen Flüssigkeit, zum Theil mit einer schleimigen, der Hauptsache nach aus Eiweiss bestehenden Substanz erfüllt sind. Diese höchst complicirt zusammengesetzte Substanz wird Protoplasma genannt. Es ist die Trägerin des Lebens, es ist lebendig, bewegungs- und reactionsfähig.

Im Protoplasma sind nun gewisse Partien, welche die Gestalt von Körnern haben, mit Chlorophyll grün gefärbt. Diese ergrüntten Körner heissen Chlorophyllkörner.

Sie kommen in jeder grünen Zelle in grösserer Anzahl vor, und sie sind es allein, welche im Stande sind zu assimiliren, d. h. organische Substanz aus unorganischer zu bereiten.

Welches sind nun aber die Stoffe, die das Chlorophyllkorn zu organischer Substanz verarbeitet? Es sind dies merkwürdiger Weise zwei höchst einfache Körper: Kohlensäure und Wasser. Das letztere bezieht die Pflanze durch die Wurzeln aus dem Boden, die Kohlensäure hingegen nehmen die Blätter direct aus der Luft auf. Bekanntlich enthält die Luft nur äusserst geringe Mengen Kohlensäure. In 10.000 Kbm. Luft sind nur 4—6 Kbm. davon vorhanden. Diese spurenhafte Mengen ziehen die Blätter an sich, speichern sie auf und verarbeiten sie. Aber dieser ganze Assimilationsproceß der Kohlensäure findet nur bei Gegenwart von Licht statt. Denn nicht nur, dass die Bildung des Blattgrüns fast immer an die Gegenwart von Licht gebunden ist, sondern es findet auch in den bereits gebildeten Chlorophyllkörnern Assimilation von Kohlensäure nur bei Gegenwart von Licht statt. Nur die Keimlinge der Nadelhölzer ergrünen selbst in vollkommener Finsterniss, aber auch sie assimiliren nur im Lichte. Alle übrigen Pflanzen und Pflanzentheile bleiben in tiefer Finsterniss bleich, frei von Blattgrün.

Wenn man einen Samen, z. B. von der Bohne, an der Oberfläche von destillirtem Wasser keimen lässt, in welchem man einige für die Pflanze nöthige anorganische Salze (schwefelsaures Kali, salpetersaures Ammoniak, schwefelsaure Magnesia, Chlorkalium, phosphorsauren

Kalk und eine Spur Eisenvitriol) in geringer Menge aufgelöst hat, so vermag sich aus dem Samen eine vollständige, blühende und Früchte erzeugende Pflanze zu entwickeln, die, obwohl ihr, wie aus der Versuchsanstellung ersichtlich ist, keine Spur von organischer Nahrung zukam, eine Menge von Organen, die dem Gewichte nach das Vielfache des verwendeten Samens ausmachen, bildete. Es geschieht dies aber nur dann, wenn die so erzeugte Pflanze im Lichte wächst. Lässt man die Pflanze im Dunkeln oder bei ganz schwacher Beleuchtung aufwachsen, so vermehrt sie ihr Trockengewicht nicht, und sie ist (getrocknet) schliesslich leichter als der Same, dem sie entsprossen ist. Lässt man die getrocknete Pflanze unvollkommen verbrennen, so entsteht aus ihr Kohle (Kohlenstoff), bei vollkommener Verbrennung wird auch diese aufgezehrt und es entsteht Asche. Wie die chemische Analyse nachzuweisen im Stande ist, besteht diese Asche genau aus denselben Körpern, welche in der Nährflüssigkeit, in die die Wurzeln hineinwuchsen, aufgelöst wurden. Diese Nährflüssigkeit (Nährstofflösung) enthielt aber keine Spur von Kohlenstoff. Es muss daher dieser, der fast 50% des Trockengewichtes der Pflanze ausmacht, aus der Luft stammen und durch die Blätter aufgenommen worden sein. Da der Kohlenstoff in der Luft nur in Form von Kohlensäure enthalten ist, so kann ihn nur diese für die Pflanze liefern. Die Pflanzen sind daher im Stande, die höchst geringen Mengen der Kohlensäure der Luft an sich zu reissen, aufzuspeichern und mit Hilfe des Wassers und der in diesem gelösten Salze

anorganischer Natur, welche ihr durch die Wurzeln zugeführt werden, in hochcomplicirt zusammengesetzte organische Körper zu verwandeln.

Dieser ganze Process findet aber nur dann statt, wenn sich die Pflanze im Lichte befindet. Das Licht ist ebenso wie die Wärme, Elektrizität oder ein sich bewegender Körper der Träger einer Kraft, die unter geeigneten Umständen eine mechanische oder chemische Leistung zu vollführen im Stande ist. Die Chlorophyllkörner haben nun die Fähigkeit, diese Kraft des Lichtes zur Bildung von complicirten Körpern aus einfacheren zu verwenden. In den entstandenen Körpern ist die Kraft des Lichtes in anderer Form aufgespeichert oder, wie man sagt, als Spannkraft gebunden. Unter gewissen Umständen kann es wieder frei werden. Wenn man die Pflanze verbrennt, so geschieht dies unter Licht- und Wärmeentwicklung; es entsteht so viel Licht und Wärme beim Verbrennen einer Pflanze, als nöthig war, sie aufzubauen.

Wenn man ein grünes Blatt einige Zeit im Dunkeln liegen lässt, so zeigt sich bei einer nachträglichen mikroskopischen Untersuchung desselben, dass die Chlorophyllkörner keinen sichtbaren Inhalt führen. Lässt man nun das Blatt einige Zeit von der Sonne bescheinen, so findet man fast in jedem Chlorophyllkorn ein oder mehrere kleine Körnchen, die sich bei genauer Untersuchung als Stärkekörnchen entpuppen. Diese Stärkekörnchen werden um so grösser, je länger die Sonnenwirkung dauert. Während der Nacht verschwinden sie,

um am nächsten Tage durch andere, neu entstandene ersetzt zu werden. Die Stärke besteht nun aus denselben chemischen Elementen wie Kohlensäure und Wasser, nämlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Sie ist offenbar aus den genannten beiden Körpern unter der Einwirkung des Sonnenlichtes entstanden, also das erste sichtbare Assimilationsproduct.

Jedes Stärkekorn, das wir geniessen, hat seinen Weg durch ein Chlorophyllkorn genommen. Die in den Blättern gebildete Stärke sammelt sich später in einzelnen Organen, wie Knollen, Zwiebel, Früchten u. s. w., an oder wird in Oel, Zucker, Cellulose u. s. w. verwandelt, oder geht endlich mit anderen Verbindungen in der Pflanze Wechselprocesse ein, so zur Entstehung von Eiweiss und anderen, complicirteren Körpern Veranlassung gebend. Bekanntlich ist das weisse Licht der Sonne nicht einfach, sondern besteht aus einer grossen Menge von verschieden gefärbten Strahlen, ferner aus unsichtbaren Strahlen, die zum Theil sogenannte Wärmestrahlen sind. Leitet man einen Sonnenstrahl durch ein Glasprisma, so werden die verschiedenen Theile desselben verschieden stark gebrochen und dadurch von einander getrennt. Es ist nun sehr merkwürdig, dass nicht alle Lichtstrahlen die gleiche Wirkung auf die Assimilation haben. Das dunkelrothe und dunkelviolette Licht hat gar keine assimilatorische Wirkung; am stärksten ist die des gelben Lichtes, und dann folgen in absteigender Reihe orange, grün, hellroth, blau, indigo und hellviolett. Man ersieht daraus, dass gerade jene Strahlen, welche gewisse che-

mische Wirkungen vollziehen, z. B. Silbersalze zersetzen, und die daher chemische Strahlen genannt werden (blau, indigo, violett), auf den Assimilationsprocess von geringer Einwirkung sind.

Es ist von vorneherein zu erwarten, dass ein Agens, das von so grosser Bedeutung für die Pflanzenwelt ist, auch noch zahlreiche andere Beziehungen zu ihr aufweisen wird. Dies ist nun in der That beim Lichte der Fall, indem sich fast keine Function im Pflanzenkörper vollzieht, die nicht mehr weniger, direct oder indirect vom Lichte beeinflusst wird.

Vor Allem ist in dieser Beziehung bemerkenswerth, dass das Licht auf dasselbe Organ in mehreren von einander specifisch verschiedenen Einwirkungsweisen zu reagiren im Stande ist, und ferner, dass verschiedene Pflanzen oder Theile einer Pflanze unter dem gleichen Lichteinflusse in gleicher oder verschiedener, oft entgegengesetzter Weise reagiren. Schon daraus erhellt die Complicirtheit der Erscheinungen, die das Licht an den Pflanzen hervorbringt; da aber derselbe Pflanzentheil zur gleichen Zeit specifisch verschieden von demselben Lichte beeinflusst werden kann, so sind die hiehergehörigen Phänomene oft ausserordentlich verwickelt. Es seien daher im Folgenden nur die wichtigeren Erscheinungen und Verhältnisse auseinandergesetzt.

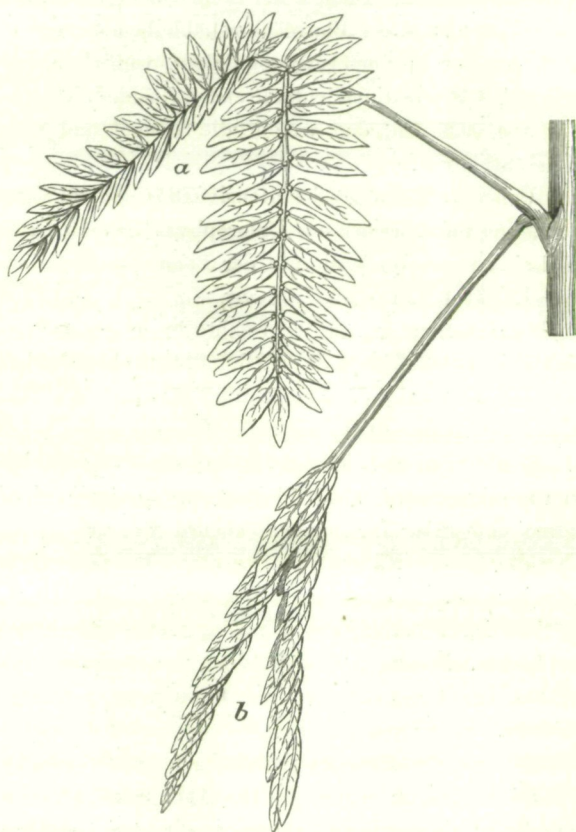
Zunächst sei erwähnt, dass die Beleuchtung die Pflanzen in einen gewissen erregbaren oder empfindlicheren Zustand versetzt, in welchem sie manche Functionen vollziehen, die sie im Zustande der „Dunkelstarre“

nicht ausüben. Man nennt den durch das Licht hervorgerufenen Reizzustand den Phototonus. Nicht alle Organe oder Pflanzen werden im Dunkeln starr. In sehr auffallender Weise zeigen sich Phototonus und Dunkelstarre bei jenen Pflanzen, deren Blätter Bewegungsgelenke besitzen, wie z. B. die Bohne, der Klee, die Akazie oder die Sinnpflanze (*Mimosa pudica*). (S. Fig. 1.) Lässt man solche Pflanzen einige Zeit im Dunkeln stehen, so verlieren die Blätter ihre Bewegungsfähigkeit, sie werden starr. Der reizbare Zustand tritt erst wieder ein, wenn die Pflanzen durch einige Zeit beleuchtet wurden.

Das Wachsthum der Pflanzen wird in sehr verschiedener Weise durch das Licht beeinflusst, ganz abgesehen davon, dass durch die Lichtmitwirkung organische Substanz geschaffen und mithin die Ernährung vom Lichte beeinflusst wird, von der selbstverständlich das Wachsthum auch abhängt. Die Stengel und Blattstiele der meisten Pflanzen wachsen im Dunkeln viel rascher als im Lichte, während die Blattflächen sich umgekehrt verhalten. Hiedurch gewinnen viele Pflanzen im Dunkeln ein eigenthümliches Aussehen. Sie werden lang und dünn und bleiben zugleich bleich. Man sagt, sie etioliren, und die ganze Art des Wachsthums im Dunkeln heisst Etiolement.

Für das Wachsthum ist es nicht gleichgiltig, ob die Pflanze nur auf kurze Zeit verdunkelt wird oder durch längere Zeiträume. Denn es tritt zu der Wirkung des Lichtmangels überhaupt noch die der Dunkelstarre hinzu, die erst nach längerer Verfinsterung eintritt. Höchst

Fig. 1.



Sinnpflanze (*Mimosa pudica*). Zweigstück mit einem Blatte, das bei *a* in der Tagstellung (oder ungereizten Stellung), bei *b* in der gereizten oder Nachtstellung gezeichnet ist.

auffällig zeigt sich dies z. B. bei der Erbsenpflanze. Während die ganze Pflanze bei Lichtentziehung rascher wächst (also auch die Blattflächen), bleiben diese doch bei dauernder Verfinsterung sehr klein, weil sie alsbald in den des Wachsthums entbehrenden Zustand der Dunkelstarre verfallen, den wieder die Stengel und Blattstiele entbehren.

Concentrirtes, also sehr intensives Sonnenlicht tötet die Zellen und zerstört das Chlorophyll. Dieser Erfolg wird aber nicht durch die mit der Beleuchtung verbundene Erwärmung erreicht, sondern nur durch die kalten, leuchtenden Strahlen. Es wird daher bei einer gewissen Lichtintensität auch das Wachsthum stillstehen, und im Allgemeinen werden die Pflanzen um so rascher wachsen, je weniger Licht auf sie fällt.

Viele Sporen, z. B. die der Farne und Moose, keimen nur im Lichte, während die Sporen der Schachtelhalme und Pilze im Dunkeln ebenso wie im Lichte, oder die Samen mancher Gräser etwas besser im Dunkeln keimen. Merkwürdiger Weise entfalten sich die Blüthen im Dunkeln mit derselben Farbenpracht wie im Lichte. Zwiebeln und Knollen von Tulpen, Hyacinthen und Crocus liefern im Dunkeln ganz normale Blüthen.

Die meisten Pflanzen zeigen eigenthümliche Krümmungsbewegungen, wenn sie einseitig beleuchtet werden. Durch sie werden die Organe in die vortheilhafteste Lage gegen das Licht gebracht. Man nennt diese durch einseitige Beleuchtung hervorgebrachten Krümmungen

der Organe heliotropische. Es giebt Organe, wie z. B. die meisten Stengel, die sich gegen das Licht hinkrümmen und so in eine mit dem einfallenden Lichte parallele Lage zu kommen suchen. Man heisst sie positiv heliotropisch. Da an den Stengeln die Blätter seitlich sitzen, so ist es klar, dass durch den positiven Heliotropismus die Blätter, welche ja vornehmlich assimiliren, in eine sehr günstige Lichtlage kommen. Es ist daher der positive Heliotropismus eine sehr wichtige Eigenschaft der Stengel. Die Wurzeln der Gräser, des Senfes, des Rapses, ferner manche ältere Stengeltheile, viele Ranken und Blattstiele krümmen sich aber vom Lichte weg, wenn dies von einer Flanke kommt. Sie sind negativ heliotropisch. Endlich haben die meisten Blattflächen die Eigenthümlichkeit, sich so zu stellen, dass die einfallenden Lichtstrahlen mehr weniger senkrecht darauf stehen. Diese wichtige Eigenschaft derselben wird Diaheliotropismus oder Transversalheliotropismus genannt..

Nicht jeder Pflanzentheil zeigt bei jeder Beleuchtungsstärke und in jedem Alters- und Wachstumsstadium Heliotropismus oder dieselbe Art von Heliotropismus. So sind z. B. die Blütenstiele des sogenannten Judenbarts (*Linaria Cymbalaria*) vor der Befruchtung der Blüten positiv, nach der Befruchtung negativ heliotropisch. Die Spitzen der Triebe der Kapuzinerkresse (*Tropaeolum majus*) sind immer positiv heliotropisch, während die älteren Stengeltheile sich nur bei schwacher Beleuchtung ebenso verhalten, hingegen bei starker

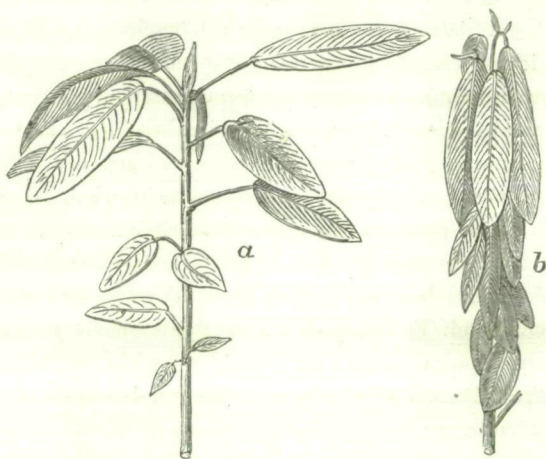
negativheliotrop sind. In ähnlicher Weise verhalten sich die Stengel vieler Pflanzen. Ferner sind die Ranken von dem Weinstocke und dem sogenannten wilden Weine bei schwacher Beleuchtung positiv, bei starker negativ heliotrop. Viele Pflanzen sind bald positiv, bald diaheliotrop u. s. w.

Das Licht besitzt aber noch andere spezifische Wirkungsweisen auf die Pflanzen. Wenn z. B. gewisse Pflanzen allseitig von einem Lichte mit steigender oder sinkender Helligkeit beleuchtet werden, so treten Bewegungserscheinungen an denselben auf, die als photonastische bezeichnet werden. So senken sich die Blätter der Fiole abwärts bei plötzlicher Verdunkelung, während sich die vom Ackerklee unter denselben Umständen erheben. Es ist wahrscheinlich, dass solche photonastische Bewegungen häufig vorkommen, doch sind sie meist mit heliotropischen oder anderen, selbstständigen Bewegungen der Pflanzentheile combinirt und treten dann wenig hervor.

Hierher gehören auch jene Bewegungen, welche viele Blätter und Blüten des Abends, beim Eintritte der Nacht und im entgegengesetzten Sinne bei Tagesanbruch ausführen. Sehr viele Pflanzen haben daher eine Tag- und eine Nachtstellung ihrer Blätter und Blüten. Man nennt die Abends eintretenden Bewegungen Schlaf- oder nyktitropische Bewegungen. Sie werden in der Mehrzahl der Fälle durch die Abnahme der Helligkeit bewirkt. So schliessen sich die Blütenköpfe vieler Korbblüthler (z. B. des Löwenzahnes), die Blüten des Sauerklees und der Seerosen, wenn man sie verdunkelt. Mit

Gelenken versehene Blätter, wie z. B. die der Mimosen, der Akazien, des Ackerklee und der Bohnen führen sehr ansehnliche Schlafbewegungen aus, während geringe vielleicht keinem noch wachstumsfähigen Blatte fehlen. Die Schlafbewegungen bringen die Blätter in eine mehr weniger senkrechte Lage (s. Fig. 1 und 2) und dienen

Fig. 2.



Desmodium gyrans, ein Schmetterlingsblüthler aus Ostindien, der Tag- und Nachtstellung bei *a*, resp. *b* sehr schön zeigt.

so zum Schutze derselben in der Nacht. In senkrechter Lage sind sie vor zu starker Abkühlung durch die nächtliche Ausstrahlung geschützt. Ebenso werden die Staubgefäße und Fruchtknoten der Blüten während der Nacht durch das Schliessen der Blüten geschützt.

Die Blüten zeigen auch nicht selten eine Art von Heliotropismus, die man als Blütenheliotropismus bezeichnet. Sie stellen sich häufig so, dass sie von der Sonne beschienen werden, sind also des Morgens nach Osten, Mittags nach Süden und Abends nach Westen gerichtet. Sehr auffallend zeigt sich dies z. B. bei dem Buschwindröschen oder bei dem Wiesenbocksbart und dem Stiefmütterchen. Die Blüten dieser Pflanzen sind immer so gerichtet, dass sie von der Sonne voll beschienen werden. Da sie nur deshalb schön gefärbt sind, um den sie besuchenden und sie befruchtenden Insecten aufzufallen, so ist es für sie offenbar wichtig, auch möglichst hell beschienen zu sein.

Eine höchst interessante Erscheinung, die durch die Wirkung des Lichtes hervorgebracht wird, ist die der Compasspflanzen. Es giebt nämlich eine Reihe von Pflanzen, die ihre Blätter senkrecht stellen, und zwar so, dass Blattober- und Unterseite nach Osten oder Westen gekehrt sind. Es liegen daher die Blätter mehr weniger genau in einer von Norden nach Süden gerichteten Ebene. Solche Pflanzen kann man unter Umständen offenbar in ganz ähnlicher Weise wie einen Compass benützen, woher ihr Name. Ihre Entdecker sind die nordamerikanischen Indianer, welche sie schon seit undenklichen Zeiten zur Orientirung benützten. Es giebt zweierlei Compasspflanzen, nämlich solche, die ihre Blätter tagsüber in gewöhnlicher Lage zeigen und Abends in die Compassstellung bringen, in welcher sie über Nacht bleiben, und solche, die ihre Blätter (an sonnigen Standplätzen) immer in der Compassstellung tragen.

Zu den ersteren gehören nur solche Pflanzen, die an den Blättern Bewegungsgelenke besitzen, z. B. einige Schmetterlingsblüthige, manche Lupinen, oder *Crotalaria cajamifolius*; zu den letzteren das nordamerikanische *Silphium laciniatum* und unter den einheimischen Pflanzen der wilde Lattich (*Lactuca Scariola*) und ein paar verwandte Korbbblüthler.

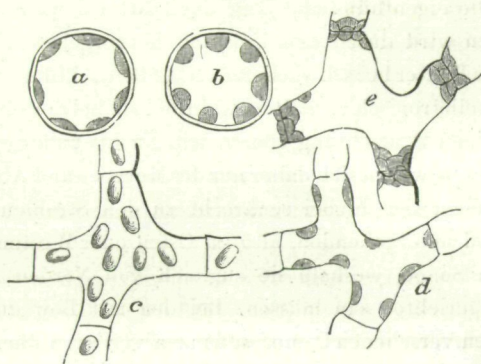
Die eigenthümliche Lage der Blätter der Compasspflanzen wird durch den Umstand hervorgerufen, dass sich die Blätter bei schwacher directer Beleuchtung transversalheliotropisch verhalten, während sie bei der starken mittägigen Beleuchtung ebenso wie Nachts unbeweglich sind. Sie bewegen sich daher nur des Morgens und Abends und stellen sich hiebei senkrecht zu den Strahlen der auf- und untergehenden, also im Osten oder Westen stehenden Sonne, weshalb sie zugleich von Norden nach Süden gerichtet sein müssen. Bei den mit Bewegungsgelenken versehenen Compasspflanzen verlieren überdies die Blätter tagsüber ihre eigenthümlichen Stellungen durch Tagesbewegungen.

So wie ganz grosse Organe durch das Licht hervorgerufene Bewegungserscheinungen zeigen, so werden auch die mikroskopisch kleinen Inhalte der einzelnen Zellen der Pflanzen zu Bewegungen veranlasst, die für sie von nicht geringerer Wichtigkeit sind.

Jede Function, die eine Pflanze vollzieht, geschieht unter einem bestimmten äusseren Einfluss von Wärme, Licht, Feuchtigkeit u. s. w. Nicht jeder beliebige Grad dieser äusseren Agentien ist für alle Functionen der

Pflanze von gleicher Wirksamkeit, und es vermag z. B. das Licht je nach seiner Intensität entgegengesetzte Wirkungen auf dieselbe Zelle auszuüben. Es giebt daher für jedes Agens ein gewisses günstigstes Maass der Intensität, das für verschiedene Functionen verschieden sein wird. Während bei zu geringer Stärke des Lichtes die Blatt-

Fig. 3.

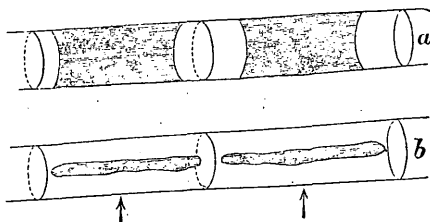


Fünf Zellen aus gewöhnlichen grünen Blättern. Man sieht in jeder Zelle eine Anzahl Chlorophyllkörner, je nach der Stärke des senkrecht auf die Ebene der Zeichnung einfallend gedachten Lichtes, von verschiedener Form oder in verschiedener Lage. Bei *a* und *d* Licht mittelstark; bei *b* und *c* schwach, bei *e* stark.

grünkörner verblassen, erscheinen sie bei einer gewissen Lichtintensität am intensivsten gefärbt, assimiliren sie am energischsten bei noch stärkerer Lichtintensität und werden endlich von sehr hellen Strahlen zerstört. Da nun die Chlorophyllkörner in einer lebenden und beweglichen Protoplasmamasse liegen und selbst weich sind und ihre Form bis zu einem gewissen Grade verändern

können, so ist es begreiflich, dass den Pflanzen die Fähigkeit zukommt, ihre Chlorophyllkörner so zu stellen, wie es für sie und dem in ihnen verlaufenden Assimilationsprocess am günstigsten ist: bald breiten sie sich möglichst aus, um recht viel Licht zu empfangen, bald ballen sie sich zusammen und verkriechen sich in die innersten und verstecktesten Winkel der Zellen (s. Fig. 3); das erstere geschieht bei schwacher Beleuchtung, das letztere bei zu

Fig. 4.



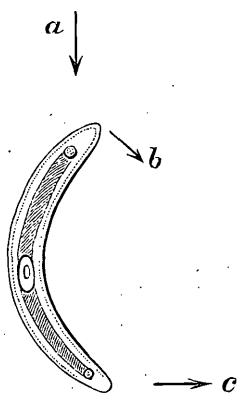
Fadenstücke einer gemeinen Alge (*Mesocarpus*), aus je zwei cylindrischen Zellen bestehend. In jeder Zelle befindet sich ein plattenförmiges Chlorophyllkorn, das bei *a* von der Fläche, bei *b* von der Kante aus gesehen wird. Fällt schwaches Licht in der Richtung der Pfeile ein, so zeigen die Chlorophyllplatten die Lage *b*, ist hingegen das ebenso einfallende Licht stark, so tritt die Lage *a* ein.

starker. Da die grüne Färbung der Blätter von den Chlorophyllkörnern herrührt, so ist klar, dass ihre Stärke von der Lage der letzteren abhängen muss. In der That sind die Blätter aus dem Innern einer Baumkrone immer dunkler gefärbt als die direct und stark besonnten. In den ersteren sind die Chlorophyllkörner an den äusseren Flächen der Zellen angesammelt, in den letzten in den inneren Winkeln klumpenweise zusammengeballt.

Sehr auffallend sind die hierher gehörigen Bewegungen bei vielen mikroskopischen Wasserpflanzen. Eine fadenförmige Alge (*Mesocarpus*) besteht aus cylindrischen Zellen, deren jede ein einziges axial gelagertes, plattenförmiges Chlorophyllkorn besitzt.

Ist das Licht zu stark, so zeigt die Pflanze der Sonne die schmale Kante dieser Platte, während es sonst die Breitseite dem Lichte zuwendet. (S. Fig. 4.)

Fig. 5.



Closterium Lunula, eine einzellige, bewegliche grüne Alge. Fällt starkes Licht bei *a* ein, so nimmt die Alge die gezeichnete Lage ein, rutscht mit dem unteren Ende in der Richtung gegen *c* fort und kippt zugleich, wie durch den Pfeil *b* angedeutet, zeitweilig um, das obere und untere Ende mit einander vertauschend.

Ist aber die Wasserpflanze einzellig und selbst beweglich, so bedarf sie offenbar nicht einer Bewegung ihres Chlorophyllapparates, da sie sich ja selbst in die richtige Lage bringen kann. In der That zeigen sehr viele einzellige und im Wasser lebende Pflanzen (wie z. B. die Spaltalgen oder Diatomaceen, die Desmidiaceen und alle Schwärmsporen) Bewegungen, die oft sehr merkwürdig sind und je nach der Intensität des einfallenden Lichtes von der Lichtquelle weg oder gegen diese hin stattfinden. Dabei nehmen diese Organismen immer eine bestimmte — Phototaxis genannte — Lage gegen das Licht ein. (S. Fig. 5 und 6.)

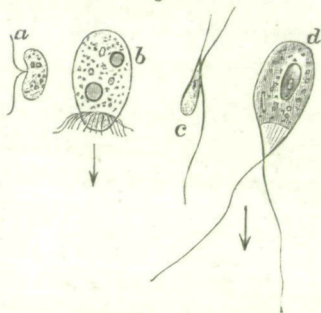
Man könnte nach dem bisher Gesagten glauben, dass nur oder doch vornehmlich grüne Pflanzen und Pflanzentheile Bewegungserscheinungen mit Beziehung zum Lichte zeigen. Dem ist aber nicht so, indem die blattgrünfreien Pilze, so wie manche ebenso beschaffene Algen und die Wurzeln lichtempfindlich sind. Der gemeine Kopfschimmel z. B. ist positiv heliotropisch, manche Schleimpilze verkriechen sich in die Erde vor zu starkem Lichte u. s. w.

Alle Bewegungserscheinungen, die vom Lichte abhängig sind, haben eine gemeinsame Eigenthümlichkeit, nämlich die, dass auf sie das gelbe Licht, welches, wie erwähnt, von so grosser

Bedeutung für die Ernährung der Pflanzen ist, gar keinen Einfluss hat, während gerade das blaue und violette Licht, das am wenigsten leuchtet, die Bewegungserscheinungen bewirkt.

Assimilation und Bewegungen werden also durch ganz verschiedene Strahlen bewirkt.

Fig. 6.



Diverse Schwärmersporen von Algen und Pilzen. *a* von *Achlya lignicola*, *b* von *Oedogonium*, *c* von einer *Fucoidee*, *d* von *Ulothrix zonata*. Sie zeigen am Vorderende, mit dem sie sich voraus bewegen, zwei oder zahlreiche Wimpern, die zu ihrer Bewegung dienen. Je nach der Lichtstärke bewegen sie sich von dem Lichte weg, oder in entgegengesetzter Richtung.

Durch die bisher geschilderten physiologischen Wirkungen des Lichtes ist die Reihe derselben noch nicht erschöpft. So beeinflusst z. B. die Beleuchtung die Transpiration der Pflanzen, d. h. jene Function derselben, welche in der beständigen Wasserabgabe durch die Blätter besteht. Auch die Athmung hängt vom Lichte ab. Die ganze Beschaffenheit der Organe hängt wesentlich davon ab, unter welchen Beleuchtungsverhältnissen sie entstanden sind. Dies erkennt man in sehr auffallender Weise, wenn man z. B. von einem Buchenbaume die Blätter am Gipfel mit denen aus der Mitte der Krone vergleicht: sie sind so sehr von einander verschieden, dass man sie als von verschiedenen Arten abstammend halten könnte. Die auffallende Beschaffenheit der Gewebe von Pflanzen, die ganz im Dunkeln erwachsen sind, ist allbekannt. Solche Pflanzen sind weich, zart und zerbrechlich, fast spröde. Sobald sie ans Licht gebracht werden, erhalten sie eine zähe und derbe Beschaffenheit.

Ebenso ist Jedermann der grosse Einfluss des Lichtes auf die Färbung der verschiedensten Pflanzentheile bekannt. Viele Früchte erscheinen an der besonnten Hälfte lebhaft rothgebackt. Viele Pflanzen, die im Schatten des Waldes erwachsen sind, sind durch ihre schön sattgrüne Blattfärbung ausgezeichnet, während sie an sonnigen Standorten eine mehr ins Gelbe, Braune oder Rothe ziehende Färbung aufweisen. Höchst auffallend sind in dieser Beziehung gewisse Lebermoose (z. B. *Frullanea dilatata*), die im Schatten schön grün, in der Sonne rothbraun werden. Die so schön rothen Töne herbstlich gefärbter

Blätter sind eine Wirkung des Lichtes: Schattenblätter werden beim Laubfalle nur gelb. Es hat daher die Sonne auch an der Farbenpracht der Wälder im Herbste ihren guten Antheil.

Man könnte schliessen, dass auch die Farbenpracht der Blumen der Sonne unmittelbares Werk ist. Doch würde man hier irre gehen. Es ist zwar sicher, dass die Pflanzen ohne die Lichtwirkung, der sie seit undenklichen Zeiten ausgesetzt sind, nie gefärbte Blumen erzeugt hätten, aber die Farbenpracht der Blüthen sind so wie ihre Formen und Einrichtungen Producte des Kampfes der Pflanzen um den Besuch von Seite der Insecten. Das Licht ist dabei nur mittelbar betheilig. Lässt man daher, wie bereits erwähnt, kleine und noch farblose Blüthenknospen im Dunkeln aufblühen, so erscheinen die Blüthen mit derselben Farbenpracht wie an der Sonne.

Viele Algen und Pilze haben die Eigenthümlichkeit, ihre Sporen oder Sporenbehälter (Sporangien) fortzuschleudern; so z. B. der auf feuchtem Kuhmist erscheinende *Pilobolus crystallinus*, ferner der gemeine Kopfschimmel und viele Andere. Auch diese Thätigkeit wird durch das Licht beeinflusst. Man weiss, dass das Fortschleudern der Fortpflanzungszellen oder Organe bei den Algen und Pilzen im Lichte schneller und energischer als im Dunkeln geschieht, ja dass es sogar nicht gleichgiltig ist, ob gelbes oder blaues Licht auf die in Rede stehenden Pflanzen wirkt: wie alle Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche werden auch diese durch blaues Licht stärker als durch gelbes beeinflusst.

Und so gäbe es noch manche Erscheinung im Pflanzenreiche, die das Licht hervorruft. Anstatt aber uns noch weiter in diese schier endlose Mannigfaltigkeit des Lichteinflusses im Pflanzenreiche zu verirren, mag noch schliesslich zur Sprache kommen, dass so wie im Thierreiche es auch bei den Pflanzen Formen giebt, die Licht erzeugen. Merkwürdiger Weise sind es meist gerade solche, die nicht unmittelbar vom Lichte abhängen, sondern auch bei geringem Lichteinflusse oder in tiefer Finsterniss gedeihen; so z. B. einige Blätterpilze (Agaricinen) und gewisse Bakterien.

Das Leuchten von morschem Fichtenholze rührt von den es durchziehenden selbstleuchtenden Pilzfäden (von *Agaricus melleus*) her, das Leuchten des Meeres rührt nicht nur von Thieren, sondern auch von gewissen Algen (Oscillarien, Diatomeen), und das Leuchten von nicht ganz frischem Fleische von Bakterien her. Manche tropische Pilze leuchten so stark, dass man sie in ihrem eigenen Lichte studiren kann. Schon in Südeuropa kommt am Fusse alter Oliven ein stark leuchtender Pilz (*Agaricus olearius*) vor.

Ob diese merkwürdigen Organismen eine eigene phosphorescirende Substanz ausscheiden, oder ob sie bei ihrem Athmungsprocesse statt oder nebst Wärme Licht entwickeln, ist nicht bekannt. Ebenso wenig ist festgestellt, ob auch höhere Pflanzen, z. B. Blüten, wie schon öfter behauptet wurde, wenigstens unter günstigen Umständen zu leuchten vermögen.

Vielfältig und mächtig ist der Einfluss des Lichtes auf die Pflanzenwelt, und von dem Momente der Keimung bis zum Tode begleitet er ihre Functionen. Geheimnissvoll und noch unverstanden ist die unmittelbare Angriffsweise des Lichtes. Wie vermögen sich diese ätherischen und so rasch und leicht beschwingten Boten der Sonne nach so langem ungezügelter Lauf in der Pflanze aufzuhalten und sie so mannigfaltig zu fesseln? Wir wissen es nicht! Kaum sind uns die Erscheinungen in ihren greifbaren Resultaten bekannt, und kaum vermögen wir mehr, als diese unter gemeinschaftliche Gesichtspunkte zu bringen. Wie es möglich ist, dass derselbe Strahl bald so, bald so und bald gar nicht wirkt; warum nur gewisse Antheile des Sonnenlichtes bestimmte Wirkungen vollziehen und vielen anderen Fragen gegenüber sind wir ganz macht- und kenntnisslos. Möge über sie die Zukunft Aufschluss bringen und mehr — Licht!

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1883

Band/Volume: [23](#)

Autor(en)/Author(s): Höhnel Franz Xaver Rudolf Ritter von

Artikel/Article: [Die Pflanze und das Licht. 247-275](#)