©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Pflanze und die Atmosphäre.

Von

JOSEF BOEHM,

Doctor der Philosophie und Medicin, Professor der Botanik an der Universität und an der Hochschule für Bodencultur in Wien.

Vortrag, gehalten den 8. November 1882.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Die Körper der Sinnenwelt unterscheiden wir in leblose und in lebende. Lebende Körper oder Organismen sind jene, welche Stoffe von aussen aufnehmen und theilweise in Bestandtheile des eigenen Leibes umwandeln (assimiliren). Die Assimilation ist häufig von Wärmeentwicklung und Arbeitsleistung begleitet. Wärmeentwicklung und Arbeitsleistung charakterisiren auch die im Gang sich befindliche Maschine, diese aber assimilirt nicht. Das lebende Pferd assimilirt, erzeugt Wärme und Arbeit; das schnaubende Dampfross erzeugt wohl ebenfalls Wärme und Arbeit, aber es wächst nicht, regenerirt sich nicht, assimilirt nicht. Wir können daher mit Recht den Organismus als einen assimilationsfähigen Mechanismus bezeichnen. — Die Lebewesen unterscheiden wir in Pflanzen und Thiere, und im gewöhnlichen Leben sind wir in einem gegebenen Falle gar nicht im Zweifel, ob wir es mit einer Pflanze oder einem Thiere zu thun haben. Anders erscheint uns jedoch die Sache, wenn wir es versuchen, den Unterschied zwischen Pflanze und Thier wissenschaftlich zu formuliren, und es giebt einfach gebaute Organismen, bezüglich derer selbst der Fachmann nicht in der Lage ist zu sagen, ob er eine Pflanze oder ein Thier vor sich hat.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

„Pflanze“ und „Thier“ sind Begriffe, die der Mensch gemacht hat. Die Natur schuf nur Lebewesen, und wir haben allen Grund, anzunehmen, dass es der schöpferischen Kraft nur einmal gelang, lebloser Substanz eine belebende Seele einzuhauchen.

Die ersten Lebewesen waren sicher sehr einfach gebaut, und die neuere Naturforschung lässt keinen Zweifel darüber bestehen, dass sich aus diesen erst im Laufe der Zeiten die Pflanzen und Thiere entwickelt haben. Hieraus aber folgt, dass es einen durchgreifenden Unterschied zwischen Pflanze und Thier gar nicht geben kann. Gleichwohl besteht zwischen den Existenzbedingungen der Pflanzen- und Thierwelt ein grosser Gegensatz.

Wenn wir bei irgend einem Thiere zusehen, welcher Art seine Nahrung ist, so finden wir ausnahmslos, dass dieselbe direct oder indirect von Pflanzen stammt. Die Katze frisst Mäuse und Ratten, die thierischen Abfälle aber, von welchen sich diese ernähren, stammen von Pflanzen. Von Pflanzen stammen auch die Heizmittel, mit welchen wir unsere Maschinen betreiben.

Von welchen Stoffen nähren sich aber die Pflanzen, und zwar zunächst jene, welche unsere Fluren schmücken und unsere Haine und Wälder bilden?

Von der bekannten Thatsache ausgehend, dass diese Gewächse um so besser gedeihen, je reicher der Boden, in welchem sie wurzeln, an organischen Stoffen (Mist und Humus) ist, schloss man, dass diese es sind, aus welchen sie ihren Leib aufbauen. Diese Ansicht kann aber schon

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

deshalb nicht richtig sein, weil der Humus selbst nichts Anderes darstellt als verwesende Pflanzen- und Thierleiber.

Aus welchen Stoffen hätte sich, wenn wir immer weiter zurückgehen, die erste Vegetation aufgebaut? Durch dieses Bedenken und die Beobachtung, dass Bäume, welche ihre Wurzeln in völlig nackte Felsspalten einsenken, oft sogar prächtig gedeihen, wurde Liebig vor nun mehr als vierzig Jahren zur Ueberzeugung geführt, dass die Pflanzen dem Boden nur jene Stoffe entziehen, welche beim Verbrennen derselben als Asche zurückbleiben.

Versuche haben gelehrt, dass sämmtliche Culturgewächse, sowie alle Sträucher und Bäume in Wasser cultivirt werden können, in welchem sich nur eine geringe Menge jener Aschenbestandtheile in Lösung befindet. Wovon ernähren sich nun, ausser diesen, die Gewächse?

Der Pflanzenleib besteht zum grössten Theile aus einer Substanz *(Cellulose)*, welche, dem Gewichte nach, fast zur Hälfte aus Wasser und zur Hälfte aus Kohlenstoff besteht. Das Wasser stammt selbstverständlich aus dem Boden, woher stammt aber der Kohlenstoff? Nach dem Gesagten giebt es hiefür nur eine Bezugsquelle: die Luft.

Bei zahlreichen, auf das Sorgfältigste durchgeführten Analysen, wo auf einmal nur kleine Quantitäten untersucht werden können, fand man die atmosphärische Luft stets zusammengesetzt aus 21 Procent Sauerstoff und 79 Procent Stickstoff.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Leitet man jedoch eine grössere Luftmenge durch Barytwasser, welches weder durch Sauerstoff noch durch Stickstoff verändert wird, so wird dasselbe alsbald getrübt. Diese Trübung ist durch Kohlensäure bedingt, wovon die freie Atmosphäre jedoch nur $^1/_{25}$ bis $^1/_{30}$ Procent, d. i. in 10.000 Raumtheilen drei bis vier Volumina enthält. Diese so geringe Menge der atmosphärischen Kohlensäure nun ist es, welche in quantitativer Beziehung als der wesentlichste Nährstoff der Pflanzen fungirt. Der Kohlenstoff, welcher in der von Pflanzen verspeisten Kohlensäure enthalten war, ist es, welcher, in Verbindung mit anderen chemischen Elementen, den Thieren als Nahrung dient und welchen wir auch entweder ebenfalls in dieser Combination oder für sich als Feuerungsmittel anwenden. Nun könnte man fragen: Warum machen wir und die Thiere es nicht auch so wie die Pflanzen, warum nähren wir uns nicht direct von der Kohlensäure der Luft, sondern lassen diese zuerst von meist mühsam cultivirten Pflanzen verspeisen? Es ist dieses Verhältniss in gewisser Beziehung ähnlich dem, welches zwischen Mutter und Kind besteht, und doch wieder himmelweit verschieden.

Die chemischen Elemente haben mehr oder weniger das Bestreben, sich mit einander zu verbinden. Die stabilste Verbindung, welche der Kohlenstoff eingeht, ist die mit Sauerstoff zu Kohlensäure. Diese Verbindung ist eine so innige, dass es nur durch die energischesten Kräfte, über welche wir im chemischen Laboratorium verfügen, gelingt, dieselbe zu lösen. Die Pflanze thut

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

dies jedoch mit Leichtigkeit, selbstverständlich aber nicht mit nichts. Die Kraft, welcher sie hiezu bedarf, ist das Licht. Der abgespaltete Sauerstoff wird ausgeschieden und der Kohlenstoff in Verbindung mit Wasser und einigen anderen chemischen Elementen zur Bildung organischer Substanz verwendet. Diese organische Substanz können wir verbrennen, d. h. wir können veranlassen, dass sich der Kohlenstoff derselben wieder mit Sauerstoff verbinde. Diese Verbindung erfolgt beim gewöhnlichen Verbrennen unter Entwicklung von Licht und Wärme, beim Faulen und Athmen unter Wärmeentwicklung allein. Wärme und Licht sind aber, wie schon bemerkt, Kräfte. Diese beim Verbrennen entwickelten Kräfte können wir zum Betriebe von Maschinen verwenden, und auch im thierischen Organismus werden sie theilweise in Arbeit umgesetzt. Das Thier verbraucht aber nur einen Theil seiner Nahrung zur Erzeugung von Wärme und Arbeit, der andere Theil wird zum Aufbaue seines Leibes verwendet und erst nach dem Tode zu Staub und Asche verbrannt.

Die Summe der im Weltall vorhandenen Kräfte ist so wie die Menge der Materie eine völlig unveränderliche; Materie und Kräfte können niemals neu erzeugt werden, aber die Vertheilung und die Erscheinungsformen derselben können mannigfach variiren. Die zum Vollbringen einer Arbeit nothwendige Kraft nennen wir eine actuelle oder lebendige. Die beim Verbrennen und im thierischen Organismus entbundenen, das ist lebendig gemachten Kräfte waren in dem verbrannten und verathmeten

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Körper bereits enthalten, aber latent, aufgespeichert, und in dieser Form werden sie als Spannkräfte bezeichnet. Die Summe der beim Verbrennen von Kohlenstoff, von Pflanzenleibern oder von organischer Substanz überhaupt lebendig gemachten Kräfte ist genau so gross wie jene, welche zu deren Bildung, respective zur Zerlegung einer gleichen Quantität von Kohlensäure, wie sie beim Verbrennen entstand, nothwendig war.

Zwischen der Kohlensäure und der Kraft, deren die Pflanze bedarf, um sie zu zerlegen, besteht dieselbe Beziehung wie zwischen einem Bogen und der Kraft, welche nothwendig ist, um denselben zu spannen. Die zum Spannen nothwendige Kraft nennen wir eine lebendige, in den Bogen gelegt heisst sie Spannkraft und kann nach Belieben wieder in Action gesetzt werden. Die Kräfte, welche in den Pflanzenleibern und deren vorweltlichen Resten, den Steinkohlen, als Spannkräfte aufgespeichert sind, stammen von der Sonne. Von der Sonne stammen überhaupt alle Kräfte unseres Planeten (mit Ausnahme jener, die im feuerflüssigen Erdinneren entbunden werden). Der Bogen und die Uhrfeder werden wohl zunächst von der Muskelkraft gespannt. Die Muskelkraft stammt aber von der Nahrung, und diese ist in letzter Instanz stets gleichsam von den Pflanzen aufgespeicherte Sonnenkraft.

So wie der thierische Organismus werden aber auch die Wasserräder eigentlich von der Sonne in Bewegung gesetzt. Die Pflanze arbeitet mit den von der Sonne direct in Form von Licht und Wärme

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

gespendeten Kräften, das Thier aber mit den Spannkräften, welche von der Pflanze aufgespeichert wurden. Wir hatten also Recht, wenn wir sagten, dass hinsichtlich der Function ein grosser Gegensatz bestehe zwischen Pflanze und Thier: erstere verwandelt lebendige Kraft in Spannkraft, das Thier hingegen Spannkraft in lebendige.

Nach dem Gesagten kann es nun nicht mehr befremden, wenn wir behaupten, dass selbst der üppigste Pflanzenwuchs von der Anwesenheit organischer Substanzen im Boden völlig unabhängig ist. Die Thatsache, dass unsere Culturgewächse besser in humushältigen als in ungedüngten Böden gedeihen, ist durch Ursachen bedingt, die jetzt nicht näher erörtert werden können.

Wenn wir auf Grundlage unserer bisherigen Erörterungen jedoch folgern würden, dass, im Gegensatze zum Thiere, überhaupt keine Pflanze zu ihrer Entwicklung organischer Substanz bedürfe, so wäre dieser Schluss völlig unrichtig. Jedermann weiss, dass wohl Brod und Früchte, nicht aber Steine verschimmeln, und auf einem nackten Felsen ist noch nie ein Pilz gewachsen. Der Champignon kann nicht im Sande, sehr leicht aber in geeignetem Dünger selbst im Keller gezogen werden.

Die Fähigkeit, Kohlensäure zu zersetzen, d. i. organische Substanz zu erzeugen, besitzen nämlich nur grüne Pflanzen und auch diese nur in ihren grünen, d. i. chlorophyllhältigen Organen. Die chlorophyllosen Pflanzen nähren sich so wie die Thiere

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

von organischer Kost, nehmen so wie diese Sauerstoff auf und athmen Kohlensäure aus, verwandeln also Spannkräfte in lebendige. Je nachdem dieselben anderen Lebewesen die Säfte entziehen und dabei ihre Wirthe häufig verseuchen oder sich von todten Pflanzen- und Thierstoffen ernähren, unterscheiden wir sie in Parasiten und in Saprophyten.

Auch bei den grünen Pflanzen leben die nicht grünen Organe von Stoffen, welche von den chlorophyllhältigen Zellen unter dem Einflusse des Lichtes bereitet wurden. Nach dem Gesagten ist es selbstverständlich, dass im Dunkeln oder im Lichte von zu geringer Intensität auch diese die Kohlensäure nicht zerlegen, denn es fehlt ihnen hier ja an der dazu nöthigen Kraft. Hiedurch erklärt es sich, dass die unteren Aeste im Walddickicht absterben, und dass Zimmerpflanzen in einiger Entfernung vom Fenster oder selbst bei sehr intensiver Gasbeleuchtung alsbald kränkeln und endlich zu Grunde gehen. Nachdem die Stoffe, welche sie früher unter günstigen Verhältnissen für die Bedürfnisse der Nacht und die Tage der Noth aufgespeichert hatten, verzehrt sind, verfallen sie dem Hungertode.

Organische Substanzen und mit diesen die Nährstoffe sämmtlicher chlorophyllöser Lebewesen werden also nur von grünen Zellen und auch von diesen nur bei geeigneter Temperatur und hinreichender Beleuchtung gebildet. Wenn die Sonnenfackel erlöschen oder die grünen Pflanzen aus irgend einem Grunde unfähig würden, Chlorophyll zu

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

erzeugen, so würde nach dem Verbrauche der zu dieser Zeit vorhanden gewesenen Nährstoffe endlich auch das letzte Thier verhungern müssen.

Zu Grunde gehen müsste aber auch, falls die allgemein verbreitete Vorstellung über die Begrenzung der Atmosphäre richtig wäre, endlich jedes Lebewesen, wenn trotz des Aussterbens der grünen Gewächse an organischen Stoffen jeder Art kein Mangel eintreten würde, wenn diese, vielleicht nach Art der Meteorsteine, in überreicher Menge vom sonnenklaren Himmel fallen würden.

Früher glaubte man, dass in den Lebewesen eine von allen anderen bekannten Kräften wesentlich verschiedene Kraft walte, — die Lebenskraft. Heute wissen wir, dass diese Lebenskraft nichts Anderes ist als eine wunderbare Combination chemisch-physikalischer Kräfte, welche bei der Athmung, die wir bereits als eine Art Verbrennung kennen gelernt haben, aus den in den Nährstoffen aufgespeicherten Spannkräften ausgelöst werden. Bei der (normalen) Athmung wird also Sauerstoff aufgenommen und dafür Kohlensäure abgeschieden.

Fast kein Lebewesen (eine Ausnahme machen nur wenige, sehr einfach gebaute Organismen) kann ohne Sauerstoff, den man deshalb früher auch gerne Lebensbrod, *pubulum vitae*, genannt hat, bestehen. Die bei dem Athmungsprocesse verbrauchte Sauerstoffmenge ist eine ganz ausserordentlich grosse; ein erwachsener Mensch verzehrt täglich gegen 8 Kubikmeter. Tausend Millionen

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Menschen würden, wenn es dagegen keine Remedur gäbe, in kaum einer Jahrmillion sämmtlichen Sauerstoff der Atmosphäre in Kohlensäure verwandeln. Aber es athmet nicht nur jedes Lebewesen, auch bei jeder Verbrennung wird Sauerstoff verbraucht. Würde aus der so gebildeten Kohlensäure der Sauerstoff nicht wieder frei gemacht, so müsste in relativ kurzer Zeit alles irdische Leben erlöschen. Dies nun wird, nach der herrschenden Ansicht, durch die grünen Pflanzen verhindert. Und thatsächlich besteht, wie schon hervorgehoben, zwischen diesen und den nicht grünen Lebewesen ein wunderbarer Wechselprocess. Letztere verwandeln den Sauerstoff in Kohlensäure und aus diesen wird von der chlorophyllhältigen Zelle der Sauerstoff wieder abgeschieden. Durch diesen Wechselprocess werde, so nimmt man an, der Bestand der Lebewesen unseres Planeten auf die Dauer ermöglicht.

Dies ist, wie schon bemerkt, die herrschende Ansicht; prüfen wir sie nun auf ihre Stichhältigkeit.

Die Atmosphäre enthält, wie wir bereits wissen, nur $^1/_{25}$ bis $^1/_{30}$ Procent Kohlensäure, welche, wenn keine neue dazu käme, zum Unterhalte der bestehenden Vegetation nicht viel über hundert Jahre ausreichen würde.

Die dermalen bekannte Steinkohle beträgt gegen 10 Kubikmeilen; die meisten Kohlenflötze sind aber sicher unter dem Ocean begraben. Wenn nun nur die bekannte Kohle plötzlich verbrannt würde, so würde sich der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre mehr als verdoppeln.

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Dereinst war aber nicht nur die Kohlensäure, aus welcher die Steinkohlen entstanden sind, sondern auch jene, welche in sämmtlichen Kalkgebirgen deponirt ist, in der Atmosphäre. Würde auch diese Kohlensäure wieder entbunden, so würde sie sicher gegen 30 Procent der Atmosphäre betragen.

Es wird allgemein angenommen, dass die Vegetation, deren Reste als Steinkohle erhalten sind, unvergleichlich üppiger war, als die heutige ist, und man erklärt sich dies eben durch den damals viel reicheren Kohlensäuregehalt der Atmosphäre. Ja, es wurde sogar die Ansicht vertreten, dass dereinst die Atmosphäre unseres Planeten nur aus Stickstoff und Kohlensäure bestanden habe, und dass der Sauerstoff aus letzterer erst durch die grünen Pflanzen abgespaltet wurde.

Nun ist es allerdings richtig, dass sich die meisten Pflanzen in einer Atmosphäre, welche einige Procente Kohlensäure enthält, bis zu einem gewissen Grade üppiger entwickeln als in gewöhnlicher Luft. Andere aber kränkeln schon in einer Luft, welche nur 2 Procent Kohlensäure enthält, und wenn dieselbe gegen 30 Procente beträgt, ist ein vegetabilisches Wachsthum überhaupt nicht mehr möglich. Normal entwickeln sich die Pflanzen nur in gewöhnlicher Luft. In Anbetracht des geringen Kohlensäuregehaltes der letzteren ist es geradezu staunenswerth, dass im Laufe nur weniger Monate aus einem winzigen Samen oft eine mächtige Pflanze erwachsen kann und dabei an allem Anderen eher Mangel leidet als an Kohlenstoff. Wenn andere Arten bei gleicher

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Belaubung und auch unter sonst günstigen Verhältnissen während eines Sommers weit weniger wachsen, so ist dies nicht durch den geringen Kohlensäuregehalt der Luft, sondern durch ihre specifische Natur bedingt. Selbst die schnellwüchsigsten Pflanzen können durch geeignete Düngung in gewöhnlicher Luft veranlasst werden, mehr Kohlensäure zu assimiliren, als ihnen zuträglich ist. Die vegetativen Organe überwuchern, es kommt aber weder zur Blüthen- noch Fruchtbildung, und die Pflanzen gehen vorzeitig zu Grunde.

Die zweifellos ausserordentliche Ueppigkeit der urzeitlichen Vegetation konnte in Anbetracht des Gesagten durch einen grösseren Kohlensäuregehalt der Atmosphäre nicht bedingt sein. Aber, könnte man einwenden, vielleicht waren die Ahnen anders organisirt als ihre dermaligen Nachkommen. Für diese Hypothese giebt es jedoch gar keine thatsächlichen Anhaltspunkte, dagegen aber tausend Bedenken. Die Ueppigkeit der urzeitlichen Vegetation war durch ganz andere Ursachen bedingt als durch den Kohlensäurereichthum der Atmosphäre.

Nun stehen wir vor einem räthselhaften Widerspruche. In einem kohlensäurereichen Medium ist eine Vegetation physiologisch unmöglich, vor Bildung der Kalkgebirge betrug der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre jedoch sicher gegen 30 Procent! Zu diesem Widerspruche gesellt sich aber auch bange Sorge für die Zukunft. Gesteine verwittern heute noch, und da bei diesem Processe, welcher in

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

anderer Beziehung für die Vegetation von höchstem Belange ist, fortwährend freie Kohlensäure gebunden wird, so müsste in kürzester Zeit auch noch der geringe Rest dieses Gases aus der Atmosphäre verschwinden und damit alles organische Leben unserer Erde erlöschen. Dem Erdinnern entströmt wohl hie und da in Folge vulkanischer Processe freie Kohlensäure; diese war aber dereinst ohnehin Bestandtheil der Atmosphäre und ihre Menge ist in Anbetracht des Bedarfes eine geringe. Die Gefahr würde hiedurch wohl hinausgeschoben, nimmer aber abgewendet.

Alle diese Räthsel und Schwierigkeiten lösen sich jedoch mit einem Schlage, wenn man im Einklange mit hervorragenden Astrophysikern annimmt, dass die Atmosphäre unbegrenzt ist. Der bisher triftigste Einwand gegen diese Annahme, dass nämlich der Mond keine Atmosphäre habe, erwies sich in neuester Zeit als unrichtig; seine Atmosphäre ist nur, entsprechend seiner geringen Masse, eine sehr verdünnte. Wenn im Weltraume plötzlich ein luftfreier Körper von der Grösse und Anziehungskraft der Erde erschaffen würde, so würde er sich sofort mit einer Atmosphäre bekleiden, genau von derselben Zusammensetzung, Dichte und Mächtigkeit wie die unseres Planeten. — Wenn in Folge irgend welcher Processe aus den unteren Luftschichten ein Bestandtheil verschwindet, so ersetzt sich derselbe durch Diffusion aus den oberen Schichten und aus dem unendlichen Raume. Die Zusammensetzung der Atmosphäre unserer Erde hat sich seit dem

©Ver. zur Verbr.naturwiss. Kenntnisse, download unter www.biologiezentrum.at

Auftritte vegetabilischer und thierischer Lebewesen nicht geändert, und es besteht in dieser Richtung auch kein Grund zur Besorgniss für die Zukunft.

Die Beziehungen der Landpflanzen zur Atmosphäre beschränken sich aber nicht allein auf den Gasaustausch. Das Wasser, welches dieselben durch Verdunstung verlieren, ersetzen sie wohl vermittelst der Wurzeln aus dem Boden, zur transpirirenden Krone aber wird es durch den Luftdruck gehoben. Doch hierüber vielleicht ein Andermal.

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): Böhm Josef Anton

Artikel/Article: Die Pflanze und die Atmosphäre. 1-16