

Ueber

Athmen, Brennen und Leuchten.

Von

JOSEF BOEHM,

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

Vortrag, gehalten am 5. December 1883.

In dem Vortrage: „Die Pflanze und die Atmosphäre“, mit welchem ich den vorjährigen Cyklus der Vorlesungen zu eröffnen die Ehre hatte, habe ich darauf hingewiesen, dass nur in der grünen Pflanzenzelle jene Stoffe bereitet werden, aus welchen sämtliche Lebewesen in erster Linie aufgebaut sind. Die in der grünen Zelle aus Kohlensäure und Wasser bereitete organische Substanz fungirt aber nicht allein als Baumaterial, sie dient auch als Kraftquelle. Das Leben besteht ja aus einem wunderbaren Spiele von Bewegungen, welche selbstverständlich durch Kräfte bewirkt werden. Die specielle Natur dieser Kräfte aufzufinden, ist das Problem der Physiologie.

Früher glaubte man, dass in den Organismen eine Kraft walte, welche von allen anderen Bewegungsursachen principiell verschieden sei. Heute zweifelt Niemand daran, dass die sogenannte Lebenskraft (soweit sie der Forschung zugänglich) nichts anderes ist als ein wunderbarer Complex von chemisch-physikalischen Kräften, welche bei der Athmung ausgelöst werden. Auch hierauf habe ich schon im vorigen Jahre hingewiesen, es geschah dies aber mehr nebenher und in einem anderen Zusammenhange. Heute wollen wir das Wesen der

Athmung und die damit verwandten Prozesse etwas eingehender beleuchten.

Es ist eine allbekannte Thatsache, dass die thierische Wärme die Folge eines chemischen Processes ist, bei welchem Kohlensäure gebildet wird. Alle chemischen Prozesse, bei welchen sich Wärme entwickelt, nennt man Verbrennung. Wärme ist aber qualitativ dasselbe wie Licht; beide sind Schwingungen des Aethers und nur durch die Schwingungsdauer und Wellenlänge verschieden. Es hängt von Nebenumständen ab, ob bei der Verbrennung nur Wärme oder nur Licht, oder Wärme und Licht erzeugt werden.

Es fragt sich nun vorerst: welche Körper brennen, warum entwickelt sich beim Verbrennen Wärme und was wird aus den verbrannten Körpern?

Verbrennen, das heisst sich unter Wärmeentwicklung mit einander verbinden, können nur Körper, welche eine gegenseitige Verwandtschaft haben. Wenn man zu Wasser Schwefelsäure giesst, so wird die Mischung heiss und ein Stückchen Phosphor in einem auf derselben schwimmenden Schälchen fängt an zu brennen; man kann daher sagen, dass die genannten Flüssigkeiten mit einander verbrennen. Gewöhnlich werden aber als Verbrennung nur jene Prozesse bezeichnet, welche sich bei der Verbindung irgend eines Körpers mit Sauerstoff abspielen. Von diesen Processes wollen wir nur die etwas genauer betrachten, bei welchen es sich um die Oxydation kohlenstoffhaltiger Körper, das ist um deren Verbindung mit Sauerstoff handelt.

Sauerstoff ist ein gasförmiges Element, von welchem die atmosphärische Luft 21 Volumprocente enthält. Im gebundenen Zustande enthält die Mehrzahl der festen und flüssigen Körper Sauerstoff, zu dessen Abscheidung eine um so grössere Kraft nothwendig ist, je inniger derselbe gebunden war. Der von dem Sauerstoffe abgespaltete Bestandtheil hat das Bestreben, sich mit dem genannten Gase wieder zu verbinden; wir nennen ihn einen brennbaren Körper, und wenn er wirklich verbrennt, so wird in Form von Wärme und Licht gerade so viel Kraft frei, als früher nothwendig war, um ihn aus seiner Verbindung mit Sauerstoff zu lösen. Die Kraft, welche aufgewendet werden muss, um die Körper chemisch zu zerlegen, ist also nicht vernichtet, sie ist in den Bestandtheilen des zerlegten Körpers, nur in einem anderen Zustande, in welchem wir sie als Spannkraft bezeichnen, vorhanden und wird frei, wenn sich diese Bestandtheile wieder zu dem ursprünglichen Körper verbinden.

Hiermit sind die oben gestellten Fragen, allerdings nur in der uns gebotenen Kürze, beantwortet.

Die Abscheidung des Sauerstoffes aus seinen Verbindungen kann durch verschiedene Kräfte bewirkt werden. Aus dem Wasser geschieht dies am bequemsten mittelst des elektrischen Stromes, aus vielen anderen Körpern durch Wärme; aus Kohlensäure, und nur dieser Fall kommt für uns in Betracht, wird der Sauerstoff abgeschieden in der Pflanzenzelle. Doch nicht in jeder Pflanzenzelle geschieht dies, sondern nur in der

chlorophyllhaltigen, und auch diese thut es selbstverständlich nicht mit Nichts. Das für uns heute bezüglich des inneren Zusammenhanges noch ganz und gar Räthselhafte, und was für den Haushalt der ganzen organischen Natur von so weittragender Bedeutung ist, liegt darin, dass die grüne Pflanzenzelle zu der grossartigen Arbeit, welche sie bei der Zerlegung der Kohlensäure leistet, eine Arbeit, die wir in unseren Laboratorien nur mit dem grössten Kraftaufwande vollbringen können, die Sonnenstrahlen verwendet. Die grüne Pflanzenzelle zerlegt aber nicht nur die Kohlensäure, sie verbindet den abgeschiedenen Kohlenstoff sofort mit Wasser und einigen anderen Elementen zu jenen Substanzen, die wir als organische bezeichnen und aus welchen, wie schon bemerkt, in erster Linie nicht nur sämtliche Pflanzen und Thiere aufgebaut, sondern in denen auch jene Kräfte aufgespeichert sind, welche bei der Athmung frei werden.

Die wichtigsten Nährstoffe der Pflanzen und Thiere, mögen sie nun als Baustoffe oder als Kraftquelle dienen, sind also ein Product des Chlorophylls. Andere organische Nährstoffe als solche, welche in der Pflanzenzelle gebildet wurden, gibt es nicht.

Wir verwenden die Pflanze und deren Producte aber nicht blos als Nahrung sondern auch zur Erzeugung von Licht und Wärme und als Kraftquelle zum Betriebe von Maschinen. Die Kräfte, welche beim Verbrennen organischer Stoffe frei werden, sind, wie wir sahen, gleichsam nichts anderes als fixirte Sonnenstrahlen. Die Sonnenstrahlen sind aber, wenn wir von den bedenk-

lichen Kräften im Erdinnern absehen, unsere einzige Kraftquelle und von den Pflanzen wird nur ein minimaler Theil derselben aufgespeichert. Es ist daher selbstverständlich, dass Holz und Kohle zumal heutzutage nichts weniger als freie, sondern im Gegentheile kostspielige Güter sind, und die Steinkohle, ein Geschenk längst vergangener Vorzeit, wird nach einigen Menschenaltern verbraucht sein. Da tritt nun die Frage an uns heran: Gibt es ausser der Pflanze nicht noch andere Accumulatoren der Sonnenstrahlen, so dass es möglich wäre, uns bei der Erzeugung von Licht und Wärme von derselben zu emancipiren?

Durch Sonnenstrahlen, welche geräuschlos walten in der grünen Pflanzenzelle, werden auch Wind und Wellen erzeugt und die Wässer aus den Meeren auf die Berge befördert. Wenn Stürme Bäume entwurzeln, Häuser demoliren und Schiffe versenken, wenn Lawinen und Wassermassen verheerend in die Tiefe stürzen, so sind dabei dieselben Kräfte im Spiele wie die sind, welche unsere Wohnungen ventiliren, unsere Quellen speisen, unsere Fluren schmücken und uns selbst zum Leben erweckt haben. — Wenn wir Maschinen mit Wind und Wasser betreiben, so ist der eigentliche im Hintergrunde stehende Motor die Sonne. Der Wind aber ist unzuverlässig und die Wasserkraft fehlt meist dort, wo man sie braucht und lässt sich nicht so wie Holz und Kohle transportiren. In der neueren Zeit hat man aber gelernt, mechanische, somit auch von Wind und Wasser geleistete Arbeit in eine ihr nahezu äquivalente Menge von

Elektricität umzuwandeln und diese können wir beliebig leiten und in Wärme und Licht und wieder in Arbeit umsetzen. Die mit Wind und Wasser betriebenen dynamo-elektrischen Maschinen und die elektrischen Accumulatoren können uns also zu den erwähnten Zwecken thatsächlich die Pflanze ersetzen.

So berechtigt aber auch die Hoffnung ist, dass es der Wissenschaft und Technik gelingen werde, mittelst der Elektricität bisher unbenützte Sonnenkräfte in grossem Masstabe dem Menschengeschlechte zur Leistung von Arbeit und zur Erzeugung von Wärme und Licht dienstbar zu machen (bezüglich der Nährstoffe werden wir für immer auf die Pflanze angewiesen bleiben), so dürfen wir vorläufig nicht zu sanguinisch sein.

Eine sehr bequeme Licht- und Wärmequelle ist das Leuchtgas. Es besteht dasselbe aus Wasserstoff (H), Kohlenoxyd (CO), Sumpfgas (CH_4) und ölbildendem Gas (Aethylen) (C_2H_4), welches beim Verbrennen vorerst in Kohlenstoff und Sumpfgas zerfällt. Wird dem brennenden Leuchtgase hinreichend Sauerstoff zugeführt, so sind die Verbrennungsproducte Wasser (H_2O) und Kohlensäure (CO_2) und es wird grösstentheils nur Wärme gebildet. Ist die Sauerstoffzufuhr jedoch eine mangelhafte, so wird der von dem Aethylen zunächst abgeschiedene Kohlenstoff nicht sofort verbrannt, sondern vorerst nur zum Glühen gebracht, und dadurch ist das Leuchten der Flamme bedingt. Sehr schön lässt sich dieses an dem allbekannten, von Bunsen construirten Brenner demonstrieren. Das, was in der Gasflamme

leuchtet, ist also glühender Kohlenstoff. Von der Leuchtgasflamme im Wesen aber gar nicht verschieden ist die Oel-, Holz- und Kerzenflamme, nur dass in diesen Fällen die betreffenden Gase erst durch die beim Verbrennen erzeugte Wärme aus den Brennstoffen gebildet werden. Es ist daher begreiflich, dass, wie Sie sehen, im geschlossenen und somit immer sauerstoffärmer werdenden Raume die Kerzenflamme früher erlischt als die Gasflamme, denn bei der ersteren wird ja, wie gesagt, das brennende Gas erst durch die beim Verbrennen entbundene Wärme erzeugt, die Verbrennung erfolgt aber um so träger, je ärmer die Luft an Sauerstoff ist.

Die Flamme besteht, wie erwähnt, aus brennenden Gasen. Wenn Körper, wie z. B. das Eisen, im festen Zustande verbrennen, so entsteht keine Flamme. Öffne ich diese Röhre und lasse das darin (mit Wasserstoff) eingeschlossene Eisenpulver durch die Luft fallen, so entsteht ein Funkenregen, aber keine Flamme.

Sowie das Eisen ist auch der Kohlenstoff nicht flüchtig. Die Kohle bildet aber mit Sauerstoff zweierlei gasförmige Verbindungen; bei reichlicher Sauerstoffzufuhr: Kohlensäure, bei mangelhaftem Sauerstoffzutritte: Kohlenoxyd. Bei weiterer Sauerstoffzufuhr verbrennt auch dieses zu Kohlensäure. Eine Porzellanplatte, welche sich in der Kerzenflamme sofort berusst, bleibt in einiger Entfernung über der Flamme rein. Wohin ist nun der Kohlenstoff gekommen? Die Flamme ist von einem blauen Mantel umsäumt, und dieser ist gebildet von verbrennendem Kohlenoxyde, zu welchem der im

Inneren der Flamme abgeschiedene Kohlenstoff an der Flammenperipherie zunächst oxydirt wurde. Was bei der gewöhnlichen Flamme leuchtet ist ganz dasselbe wie bei dem elektrischen Glühlichte. Bei dem sogenannten Bogenlichte leuchtet ausser der glühenden Kohle auch das mit blauem Lichte verbrennende Kohlenoxyd. Würde aus dem Leuchtgase das Aethylen entfernt oder beim Verbrennen nicht zerlegt, so würde die Flamme weder russen noch leuchten. Letzteres ist der Fall, wenn das Leuchtgas in sauerstoffarmer Luft verbrennt. Bringe ich die Gasflamme in eine Glasgocke, so wird die Leuchtkraft immer geringer. Mit der Leuchtkraft sinkt auch die Temperatur der Flamme, denn die Spirale aus Platindraht, welche sich in derselben befindet, hört, wie Sie sehen, auf zu glühen. Vertausche ich die Platinspirale mit einer Porzellanplatte, so bleibt diese unberusst, gerade so wie in der heissen Flamme. Die Gasflamme leuchtet also nicht in zwei entgegengesetzten Fällen: In der heissen Flamme, bei reichlicher Sauerstoffzufuhr, wird der aus dem Aethylen abgeschiedene Kohlenstoff sofort verbrannt; in der kalten Flamme, bei mangelhaftem Sauerstoffgehalte der Luft, wird das Aethylen gar nicht zerlegt oder der aus demselben abgeschiedene Kohlenstoff nicht zum Glühen gebracht.

Wenn man auf glühende Kohlen Holz legt und es will nicht brennen, so bläst man in die Gluth, d. h. man führt Sauerstoff zu. Wird aber eine Gas- oder Kerzenflamme seitlich nur etwas stärker angeblasen, so verlöscht sie. Die Ursache hiefür liegt nicht, wie häufig

angegeben wird, in der Abkühlung, sondern darin, dass das brennende Gas durch die Luft verdrängt wurde.

Das Erlöschen einer Gasflamme kann auch unter Umständen erfolgen, deren Kenntniss in weiteren Kreisen nicht unwichtig ist. Sie sehen hier über einem Wasserbehälter eine Gas- und eine Kerzenflamme, welche ziemlich gleich gross sind. Bedecke ich die Flamme mit einem Glassturze und öffne den Gashahn vollständig, so erlöscht sofort die Gasflamme, während die Kerze fortbrennt. Wodurch ist das nun bedingt?

Aus dem Gasometer wird das Leuchtgas dadurch in die Leitungsröhren getrieben, dass ersterer in Wasser eingesenkt ist. Befestiget man an der Mündung eines Leitungsrohres mittelst Kautschuk ein Glasrohr, taucht dieses in Wasser und öffnet den Hahn, so fällt das Wasser in der Röhre und die Höhe der Niveau-Differenz in und ausserhalb der letzteren (2 bis 4 ctm.) gibt die Grösse des Wasserdruckes an, unter welchem das Gas ausströmt. Wächst der Luftdruck an der Mündung des Leitungsrohres nur um etwas mehr als der Druck dieser Wassersäule beträgt, so kann nicht nur kein Gas ausströmen, sondern es wird im Gegentheile Luft in die Röhre hineingetrieben und das Gas zurückgedrängt. Die Gasflamme erlöscht, wie Sie sehen, wenn ich sie mit einer Glasglocke bedecke und diese einige Centimeter tief in Wasser tauche. Es ist nun verständlich, warum bei unserem vorigen Versuche die Gasflamme erlöschen musste. Nach dem vollständigen

Aufdrehen des Hahnes vergrösserte sich die Flamme plötzlich sehr stark. Dadurch wurde die Luft in der mit Wasser abgesperrten Glocke ausgedehnt und in die Leitungsröhre hineingetrieben. Ist der Raum, dessen Luft plötzlich bedeutend erwärmt wurde, gross und die Ventilation nicht eine vorzügliche, so können, wie dies beim Brande des Ringtheaters der Fall war, selbst die Flammen ausserhalb desselben ausgedrückt werden.

Noch auf eine nicht unwichtige und vielleicht nicht jedem bekannte Thatsache möchte ich aufmerksam machen. Zündet man in einem mehrstöckigen Hause zwei Gasflammen an, eine parterre und die andere im obersten Stocke und dreht dann den Haupthahn ab, so erlöscht die Parterreflamme alsbald, während die in der obersten Etage noch am folgenden Tage fortbrennt. Im Kleinen kann man den Versuch so machen: es werden zwei Flammen mittelst einer gabelförmigen Röhre und zwei langen Kautschukröhren mit dem Gase desselben Leitungsrohres gespeist. Beim Abdrehen des Hahnes erlöschen beide Flammen gleichzeitig. Stellt man aber beide Flammen ungleich hoch, so erlöscht die untere sofort, während die obere noch ziemlich lange fortbrennt. Die Ursache hiefür liegt darin, dass das in den Leitungsröhren befindliche Gas in Folge seines geringen specifischen Gewichtes aufsteigt, während durch die tiefer gelegene Oeffnung atmosphärische Luft nachgesaugt wird. Versucht man dann, nach Oeffnung des Hahnes, die Flamme anzuzünden, so gelingt dies erst, nachdem die in die Röhren eingetretene Luft durch das nach-

strömende Gas verdrängt ist. Das eigenthümliche Knistern, welches man beim Anzünden von Gasflammen bisweilen beobachtet, ist durch das Ausströmen von atmosphärischer Luft bedingt und beweist, dass, wenn sämtliche Hähne abgedreht waren, die Flammenhähne nicht vollständig schliessen. In diesem Falle könnte beim Anzünden selbst eine Explosion des Gases in den Leitungsröhren erfolgen, was beim allfälligen Abschmelzen eines Gasrohres in einem brennenden Hause niemals zu besorgen ist. Wenn also bei irgend einer Katastrophe in einem Gebäude die oberen Flammen früher erlöschen als die unteren, so ist dies ein sicherer Beweis dafür, dass „das Gas“ nicht abgedreht wurde.

Betrachten wir nun in Kürze die Vorgänge des Verbrennens von Holz und Kohle in einem gewöhnlichen Ofen.

Steinkohle können wir nur zum Brennen bringen, wenn wir Holz, Papier oder andere leicht verbrennliche Körper unterlegen, d. h. Substanzen, welche sich bei niederer Temperatur als die Steinkohle entzünden und beim Verbrennen die zum Entzünden der letzteren nothwendige Wärme erzeugen. Die Körper, welche die Eigenschaft haben, sich mit einander zu verbinden, thun dies nämlich nicht unter allen Verhältnissen. So verbindet sich z. B. bei gewöhnlicher Temperatur das Chlor mit dem Wasserstoffe nur im Lichte von bestimmter Qualität, und der Kohlenstoff und seine Verbindungen verbrennen nur bei bestimmter Temperatur.

Wenn man nach dem Anzünden die Ofenthüren schliesst, so hört das Brennen auf, selbstverständlich aus Mangel an Sauerstoff. Jedermann aber weiss, dass es auch schlecht brennt, wenn bei geschlossener Aschenthür die Heizthür ganz geöffnet, der Luft somit kein Hinderniss in den Weg gelegt wird. Wodurch ist nun dies bedingt?

Beim Verbrennen von Holz und Kohle im freien Raume bekommt man nie ein so lebhaftes Feuer als unter sonst gleichen Umständen im Herde; es fehlt, wie man sagt, im ersteren Falle der Zug. Unter Zug versteht man eine starke Luftströmung und es fragt sich zunächst, wodurch ist diese veranlasst?

Ein bestimmtes Luftvolumen hat ein bestimmtes Gewicht. Beim Erwärmen dehnt sich die Luft aus, d. h. die Moleküle derselben entfernen sich von einander und ein dem früheren gleiches Volumen hat nun ein geringeres Gewicht. Würden wir dies erwärmte Luftvolumen von einer zarten Wand begrenzen und die Abkühlung verhindern, so müsste dasselbe in nicht erwärmter Luft aufsteigen, gleich dem Korke, wenn er unter Wasser getaucht wird. Auf diesem Principe beruht ja der erste, gerade vor 100 Jahren von Mongolfier construirte Luftballon. — Wenn es also im Ofen ziehen soll, so muss die Luft in dem oben offenen Schlotte bei gleichem Volumen und gleicher Spannung leichter sein als im Heizraume, aus welchem die Luft in den Ofen strömt. Bei geöffneter Heizthür wird aber durch die Gluth im Ofen die zum Einströmen bestimmte Luft

stark erwärmt und ausgedehnt, und damit ist die Bedingung für den Zug aufgehoben. Es ist nun verständlich, warum durch die Aschenthür das Ofenfeuer besser regulirt werden kann, als durch die Heizthür.

Gehen wir nun über zur Athmung. Die Athmung besteht, wie schon gesagt, in der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Stoffe in den Organismen und die hierbei freiwerdenden Kräfte sind es, durch welche die innere und äussere Arbeit der Pflanzen und Thiere geleistet wird. Jedoch nur ein Theil der bei der Respiration freiwerdenden Kräfte wird, und zwar in einer uns noch völlig räthselhaften Weise, in Arbeit umgesetzt. Bei der mit Dampf getriebenen Maschine geschieht dies dadurch, dass die Wassermoleküle durch den zwischen ihnen schwingenden Aether mit grosser Vehemenz auseinandergetrieben werden und, indem sie auf den Stempel stossen, diesen in Bewegung setzen. Wie jedoch die bei der Athmung freiwerdenden Spannkkräfte, besonders im thierischen Organismus, in Arbeit umgesetzt werden, wissen wir nicht. Der grösste Theil der bei der Athmung freiwerdenden Kräfte erscheint jedoch nicht als Arbeit, sondern als Wärme, seltener als Licht. In letzter Beziehung erinnere ich an die allbekannten Johanniskwürmer und an den leuchtenden Moder, bei welchem die Erscheinung nicht durch die sich zersetzende Holzfaser, sondern durch lebende Pilze verursacht wird. Ebenso ist das Leuchten nicht ganz frischen Fleisches und des Meerwassers durch den Respirationsprocess von Organismen bedingt. — Die Verbrennungsproducte der ver-

athmeten Stoffe sind, sowie bei der vollständigen Verbrennung, Wasser und Kohlensäure. Die Phasen, durch welche die Eiweisssubstanzen in Harnstoff übergehen, sind noch völlig unbekannt.

Die Stoffe, welche von Pflanzen und Thieren verathmet werden, stammen, wie schon wiederholt betont, ausnahmslos von chlorophyllhaltigen Zellen. Nachdem die in den Eingeweiden gelösten und in das Blut übergeführten Nährstoffe verzehrt sind, kommen die an die Reihe, welche zur Zeit des Ueberflusses in Form von Fett abgelagert wurden. Ein ausgewachsener Mensch scheidet in der exspirirten Kohlensäure täglich 300 bis 400 Gramme Kohlenstoff ab. — Aehnlich wie das Fett im thierischen Organismus, fungiren in den chlorophylllosen Pflanzen und Pflanzenorganen die sogenannten Reservestoffe. In keimenden Samen wird fast die Hälfte der letzteren verathmet. — Athmen thut auch die belichtete grüne Zelle, sie bereitet sich aber die zu verathmende Substanz selbst und thut dies nicht nur für den eigenen Verbrauch, sondern in unvergleichlich grösserer Menge. Bei Tag wird also in der grünen Zelle gleichzeitig Kohlensäure gebildet und zerlegt; bei Lichtabschluss oder ungenügender Beleuchtung geschieht nur das Erstere.

Wie versorgen sich aber die Pflanzen und Thiere mit dem zur Respiration nothwendigen Sauerstoffe?

Es versteht sich wohl von selbst, dass dies verschieden sein wird je nach dem Baue und der sonstigen Lebens-

weise der betreffenden Art, zumal ob dieselbe der Luft oder dem Wasser den Sauerstoff entnimmt. In letzterem Falle kommt nicht jener Sauerstoff in Betracht, welcher einen constituirenden Bestandtheil des Wassers bildet, sondern nur der, welcher in demselben gelöst ist und durch Kochen abgeschieden werden kann. Alle sehr einfach gebauten Organismen und sämtliche Hydrophyten, sowie die nicht zu massigen Theile der Landpflanzen, welche zu diesem Behufe mit Spaltöffnungen versehen sind, nehmen den Sauerstoff durch die Oberfläche auf. Bei den höher organisirten Landthieren geschieht dies vorzugsweise durch Lungen, wozu im weiteren Sinne auch die Tracheen der Insekten gehören, und bei eigentlichen Wasserthieren durch Kiemen.

Die Lunge besteht aus einem vielfach verzweigten Systeme von luftführenden Röhren, deren feine Aestchen mit traubenförmigen Bläschen enden, welche von capillaren Blutgefäßen übersponnen sind. Der eingeathmete Sauerstoff diffundirt in das Blut, wird hier von den Blutkörperchen gebunden und von diesen, welche vordem dunkel und nun hellroth gefärbt sind, in die verschiedenen Theile des Körpers geführt und dort zur Bildung von Kohlensäure verbraucht. In entgegengesetzter Richtung diffundirt die Kohlensäure. Die Blutkörperchen haben ferner auch die Fähigkeit Kohlenoxyd zu absorbiren und wenn sie dies thun, so werden sie unfähig Sauerstoff aufzuspeichern und das Leben ist bedroht. Es ist dies schon der Fall, wenn Menschen oder Thiere während längerer Zeit Luft

einathmen, die von dem genannten Gase nur Spuren enthält.

Wie kommt aber die Luft in die Lunge? Durch blosses Offenhalten der Nase und des Mundes nicht. Die Lunge stellt den Inhalt eines Blasbalges dar, dessen Wände somit theilweise beweglich sind. Beim Einathmen vergrössern wir den Brustkorb, indem wir die Rippen heben und das Zwerchfell senken. Dadurch wird die Luft in der Lunge der äusseren Luft gegenüber verdünnt und demzufolge eine entsprechende Menge der letzteren in die Lunge einfach hineingepresst. Das Gegentheil geschieht beim Ausathmen.

Die Tracheen sind vielfach verzweigte Luftkanäle, welche den ganzen Leib der Insekten durchziehen und die Organe direct mit Sauerstoff versorgen. — Die Kiemen sind gleichsam umgekehrte und in sauerstoffhältiges Wasser tauchende Lungen. In sauerstofffreiem Wasser „ertrinkt“, d. h. erstickt auch ein Fisch. Andererseits können Kiemenathmer in feuchter Luft verhältnissmässig lange lebend erhalten werden.

Das Wasser enthält bei gewöhnlicher Temperatur gegen zwei Volumprocente Luft, von welchen jedoch 33 Procente Sauerstoff sind. Bei diesem Sachverhalte ist es einleuchtend, dass unter sonst gleichen Verhältnissen in der Zeiteinheit dem Blute durch die Lunge viel mehr Sauerstoff zugeführt werden kann als durch Kiemen. Dem entsprechend ist der Respirationsprocess bei Lungenathmern im Allgemeinen viel intensiver als bei Kiemenathmern. Bei Letzteren wechselt die Tem-

peratur der inneren Organe zwischen relativ weiten Grenzen mit der Temperatur des Mediums, wesshalb man sie kaltblütige Thiere genannt hat. Besser werden sie als wechselwarme bezeichnet. Es gibt aber auch unter den Luftathmern solche mit wechselwarmen Blute. Es sind dies entweder sehr träge Thiere mit langsamer Athmung, wie die Reptilien und Amphibien oder solche, welche, wie die Insekten, wohl viel Wärme erzeugen, durch ihre relativ grosse Körperoberfläche aber auch viel verlieren. In einem volkreichen Bienenstocke steigt die Temperatur bisweilen über 40⁰Celsius. Beim Murmelthiere sinkt die Athmung während des Winterschlafes auf $\frac{1}{30}$ des wachen Zustandes und dem entsprechend auch die Temperatur der inneren Organe.

Wir haben früher bemerkt, dass die einfach gebauten Organismen nur vermittelt ihrer Körperoberfläche den Sauerstoff aufnehmen. In gleicher Weise athmen theilweise auch die „höheren“ Thiere, falls ihre Oberfläche für Sauerstoff permeabel ist. Beim Menschen kommt die Hautathmung gegenüber der Lungenathmung kaum in Betracht. Anders ist es beim Frosche, welcher unter Wasser, das sich mit einer Eiskruste bedeckt hat, nicht erstickt. Frösche mit exstirpirter Lunge leben noch mehrere Tage.

Sehr merkwürdig ist die Versorgung des Bauminneren mit Sauerstoff. Es geschieht dies theils in transversaler Richtung durch die Lenticellen, theils aber vermittelt des Wassers, welches von den Wurzeln zu den Blättern strömt und in seinem Laufe die gelöste Luft

an die Stammzellen abgibt. Aehnlich wie bei Lungen- und Kiemenathmern ist, unter sonst gleichen Verhältnissen; auch bei Landpflanzen die Athmung viel intensiver als bei Wasserpflanzen und in beiden Fällen steigt und fällt innerhalb der für das Leben zulässigen Grenzen der Sauerstoffverbrauch mit der Temperatur.

Da die Pflanzen athmen, so erzeugen sie auch Wärme, welche jedoch, mannigfacher Gründe wegen, nur in seltenen Fällen direct nachgewiesen werden kann. Ich erinnere aber an einen Haufen keimender Gerste, welcher in dem in Rede stehenden Sinne einem Bienen-schwarme gleicht. In manchen Blüthen steigt die Temperatur bedeutend, — in Blüthenkolben von Stannitenblumen sogar um mehr als 20° C. Im Bauminnern ist die Temperatur bald höher bald tiefer als an der Oberfläche. Es ist dies theils durch die langsame Wärmeleitung des Holzes und theils durch das in demselben aufsteigende Wasser bedingt.

Wenn ein Lungenathmer unter Wasser getaucht wird, so lebt er so lange, bis der in der Lunge und in den Blutkörperchen mitgenommene Sauerstoff grösstentheils verbraucht ist. Ein begrenzter Raum, in welchem ein Thier erstickt ist, ist ganz oder nahezu sauerstofffrei. Es ist nun dem gegenüber auch praktisch nicht ohne Interesse zu wissen, dass Kerzen und Gasflammen schon erlöschen, wenn der Sauerstoff der Luft bis auf 12 bis 14 respective 7 bis 8 Procente vermindert ist. Ich habe unter dieser Glocke eine weisse Maus, eine brennende Kerze und, zur Absorption der gebildeten Kohlensäure, eine Schale

mit Kalilauge. Sie sehen, dass, nachdem die Flamme schon erloschen ist, das Thier sich noch recht munter bewegt.

Das Brennen erfolgt um so lebhafter, je reicher die Luft an Sauerstoff ist. Stecke ich in diese Flasche, welche Sauerstoff enthält, einen glühenden Span, so entzündet sich derselbe und brennt mit lebhafter Flamme. Früher glaubte man, dass auch die Respiration der Pflanzen und Thiere um so lebhafter sei, je sauerstoffreicher die Luft ist. Spätere Versuche haben dies jedoch nicht bestätigt. Es zeigte sich im Gegentheile, dass Pflanzen in reinem Sauerstoffgase ihr Wachsthum alsbald einstellen, sich aber normal entwickeln, wenn derselbe statt mit Stickstoff mit Wasserstoff verdünnt ist.

Noch merkwürdiger als das Verhalten der Pflanzen in reinem Sauerstoffgase ist das Verhalten derselben in indifferenten sauerstofffreien Medien. Der Lebensprocess derselben steht nun nicht still, sondern sie fahren fort, Kohlensäure abzuscheiden, erzeugen aber ausserdem Alkohol und fungiren normal weiter, wenn sie nach kürzerer oder längerer Zeit wieder in die ursprünglichen Verhältnisse zurückversetzt werden. Das Materiale, woraus Kohlensäure und Alkohol erzeugt werden, ist Zucker, welcher in die genannten Bestandtheile einfach zerfällt ($C_6 H_{12} O_6 = 2 CO_2 + C_2 H_6 O$). Nicht alle Pflanzen eignen sich hierzu gleich gut; am besten die Hefe, ein sogenannter Sprosspilz, welcher dieser Befähigung wegen schon seit undenklicher Zeit im Haushalte des Menschen eine hochwichtige Rolle spielt. Dieser Process der Zerlegung des Zuckers in Kohlensäure und Alkohol

wird als geistige Gährung bezeichnet und ist physiologisch nichts anderes, als eine Athmung, d. i. eine innere Verbrennung, bei welcher in Folge molekularer Umlagerung der Athmungsstoffe unter Wärmeentwicklung Kohlensäure gebildet wird. Aehnlich wie die Hefezellen verhalten sich zahlreiche andere Organismen. Für viele Bacterien, deren Gährungsproducte jedoch andere sind, ist freier Sauerstoff sogar ein tödtliches Gift, und nicht wenige von ihnen werden, auch wenn ihre Athmung eine normale ist, die gefährlichsten Feinde der Menschen und Thiere. Der Milzbrand ist zweifellos und viele andere Krankheiten sind wahrscheinlich durch dieselben bedingt.

Von der eigentlichen Gährung, welche also, wie gesagt, nichts anderes ist als ein Athmungsprocess bei Abschluss von Sauerstoff und bei welchem organische Substanzen einfach in bestimmte Bestandtheile zerfallen, ist wohl zu unterscheiden die Essiggährung, welche ebenfalls durch einen Pilz, die sogenannte Essigmutter veranlasst ist. Dieser Pilz athmet jedoch normal und hat die merkwürdige Eigenschaft, den Sauerstoff der Luft auch auf sein Substrat, den Alkohol zu übertragen und zu Essigsäure zu oxydiren ($C_2 H_6 O + 2 O = C_2 H_4 O_2 + H_2 O$).

Von der Gährung wesentlich verschieden ist die Fäulniss, d. i. die mit Sauerstoffaufnahme verbundene Zersetzung organischer Substanzen, welche Zersetzung durch niedere Organismen sicher wenigstens häufig gefördert wird. Die Wärme, welche sich bei der Fäulniss entwickelt, kann unter Umständen so bedeutend

werden, dass die betreffende organische Substanz sich entzündet.

So wie das ganze Wesen der inneren Athmung, so ist auch die Art und Weise, wie in der lebenden Pflanzen- und Thierzelle der Sauerstoff auf das Athmungsmaterial übertragen wird, noch völlig räthselhaft. Nur so viel wissen wir, dass Athmen und Brennen gleichartige Prozesse sind, durch welche die organische Substanz wieder in die Bestandtheile zurückgeführt wird, aus welchen sie in der chlorophyllhaltigen Zelle gebildet wurde. Aus Wasser, Gas und Asche wurde jedes organische Wesen und in dieser Form kehrt es wieder zur Muttererde zurück.

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: 1884

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Boehm M.J.

Artikel/Article: [Ueber Athmen, Brennen und Leuchten. 221-243](#)