

Ueber die Luft in ihrer Beziehung zur Vegetation.

Von

PROF. KLETZINSKY.

Vortrag, gehalten am 17. December 1873.

Die Luft, deren Beziehung zur Vegetation der Gegenstand meines heutigen Vortrages sein soll, galt noch im vorigen Jahrhunderte für ein Element. Die Elemente des vorigen Jahrhunderts, die sich noch heute sogar in der Sprache der Dichter behaupten, sind, wie Sie wissen, Feuer, Luft, Wasser und Erde. Diese Elementarbegriffe haben eigentlich nur dem Aggregatzustande der Materien gegolten, es sollte in dieser Beziehung eigentlich nur die Art und Weise des Zusammenhanges der kleinsten Theilchen der Körper geschildert sein und so ist eigentlich nur der luftförmige Aggregatzustand das, was man das Element Luft nennt; der tropfbar flüssige Aggregatzustand ist geschildert im Wasser, der starre Aggregatzustand unter dem Begriff Erde und diese Elementarkraft, welche den Aggregatzustand verändert, welche den starren Zustand zum flüssigen schmilzt und den flüssigen zum luftförmigen expandirt ist die Gewalt des Feuers.

Am Ende des vorigen Jahrhunderts, wo eine Summe der wesentlichsten Entdeckungen auf dem Gebiete der Stoffforschung gemacht wurde, haben unabhängig von einander der Engländer Priestley und der deutsche

Chemiker Scheele, welcher in Holland wirkte, den Sauerstoff als eine Elementarpotenz erkannt, als einen wirklichen Grundstoff, der noch in der heutigen Chemie gilt, und seine Anwesenheit in der Luft dargethan; während der Engländer Rosefort nachgewiesen hat, dass in der Luft die Hauptmasse nicht der Sauerstoff sei, sondern ein anderes Gas, welches weder selbst brennbar ist noch die Verbrennung unterhält und welches als Verdünnungsmittel des Sauerstoffs wirkt, nämlich der Stickstoff. Der Name Stickstoff oder Azot wurde dem Elemente gegeben, weil darin die Flammen und die lebenden Thiere ersticken. Es unterhält weder die Athmung der Thierlunge noch auch die Verbrennung; an und für sich aber ist es kein Gift. Sie haben mit dem Begriffe Stickstoff nicht etwa den der Giftigkeit zu verbinden. Man kann allerdings im Stickstoffe nicht athmen, aber das können wir auch nicht im Wasser und so gut die Luftthiere zu Grunde gehen und ersticken, wenn man sie im Wasser untertaucht, gerade so ersticken sie im reinen Stickgas aus Mangel an dem zum Athmen unentbehrlichen Sauerstoff.

Nachdem nun die beiden Hauptstoffe der Luft erkannt waren, musste man natürlich ihren elementaren Charakter fallen lassen. Elemente sind ja solche Stoffe, die bloß einerlei Art Urtheilchen enthalten, die schlechterdings nicht in zweierlei Stoffe getrennt werden können. Nachdem es aber gelungen war, in der atmosphärischen Luft, die unseren Erdball umfluthet, zwei ganz verschiedene Gase nachzuweisen, das Sauerstoffgas und das Stickgas, war damit auch die elementare Natur der Luft geläugnet

Lavoisier, welcher so recht eigentlich der Vater der modernen wägenden und messenden Wissenschaft ist, hat in einer ausgezeichneten Reihe von Experimenten den Einfluss der Luft auf die Verbrennung studirt und nicht lange darauf haben sich Forscher, wie Ingenhousz und Seaussure, mit dem Einfluss der Luft auf die lebendige Pflanzenwelt beschäftigt. Bevor wir diesen Einfluss der Luft auf die Pflanzenwelt näher kennen lernen, müssen wir uns über alle Bestandtheile der sogenannten atmosphärischen Luft klar werden.

Das, was die Physiker als reine Atmosphäre, als reine Luft betrachten, besteht allerdings nur aus ungefähr 21 Theilen Sauerstoff und 79 Theilen Stickstoff. Aber diese ideale Atmosphäre behauptet sich nirgends auf der Erdoberfläche. Es treten Stoffe auf, die wir von einem gewissen Standpunkte aus Verunreinigungen der Atmosphäre nennen können, die aber unendlich wesentlich an den Functionen der Luft selbst theilnehmen. Hieher gehört zunächst ein äusserst verschiedener mit der Temperatur steigender und fallender Gehalt an Wasserdampf. Vor Allem muss die Ansicht des Laien berichtigt werden, der unter feuchter Luft gewöhnlich eine trübe, neblige Atmosphäre verstanden wissen will. Ich mache darauf aufmerksam, dass der wirkliche Wasserdampf die Gasform des Wassers ist. Als Wasserdampf ist das Wasser ein farbloses, durchsichtiges, lichtbrechendes Gas, das wir ebensowenig sehen können als die Luft, ausser in unermesslich dicken Schichten, und ich betone, dass gerade der ziemlich hohe Gehalt der Luft an Wasser-

dampf es ist, der die tiefe Bläue derselben, die lichtbrechende Kraft derselben gegenüber den Sternen und der Sonne erhöht und ebenso auch die Durchsichtigkeit der Luft. Das was die Laien eine feuchte, neblige Luft nennen, das ist eine solche Luft, in welcher das diffundirte gasförmige Wasser bereits die Gasform aufgegeben hat und wieder in den tropfbar-flüssigen Aggregatzustand zurückgekehrt ist, aber noch durch einen wunderbaren Act der Molecularanziehung zu hohlen Wasserbläschen ausgedehnt und aufgebläht ist, die mit positiv-elektrischem Sauerstoff und gewöhnlicher Luft erfüllt sind. Das sind die sogenannten Nebelbläschen, die über uns zu Wolken werden, und dann als Regen befruchtend zur Erde niederfallen.

Dieser Wassergehalt ist stetig in der Luft, er wechselt zwar in gradueller Beziehung, aber er findet sich immer. Selbst die Luft an den Polen, diese kalte Luft, die relativ trocken genannt werden muss, enthält noch immer Wasserdampf. Allerdings hat die Luft unter den Tropen einen bedeutenderen Wasserdampfgehalt. Manche warm situirte Insel enthält eine viel grössere als die gewöhnliche Menge von gasförmig verdampftem Wasser und gerade diese Luft ist es, die sich so wohlthätig für kranke Lungen erwiesen hat, wie z. B. das berühmte Klima von Madeira.

Dieses Wasser stammt aus den Meeren, aus den verschiedenen Wassergebieten der Erde. Durch die Verdunstung, in Folge der Wärme, gelangt es in die Luft, wird Wasserdampf und aus der Luft wandert es wieder

in den mannigfaltigen Formen der Hydrometeore zur Erde zurück.

Ausser diesem Wassergehalt der Luft ist nun der Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure und an Ammoniak zu nennen. Allerdings ist dieser Gehalt an Kohlensäure sehr gering, man schätzt ihn gewöhnlich auf 1 per mille der Luft, der tausendste Theil der Luft ist Kohlensäure.

Die Kohlensäure ist ein farbloses, säuerlich riechendes, angenehm prickelndes Gas; allein so wohlthätig sie sich zeigt und so erfrischend sie sich auf die Schleimhäute erweist, so gefährlich wird sie, wenn sie sich in dem Blute der Menschen anhäuft. Die Kohlensäure ist eingeathmet ein asphyktisches Gift, welches tödtet und es ist nicht genug, dass vollauf genug Sauerstoff in der Luft enthalten sei. Denn wenn die Luft, die wir gesund und wohlbehalten athmen sollen, nur 1% Kohlensäure enthielte, so würde sie schon auf die Dauer für den gesunden Organismus des Menschen nicht verträglich sein. Geht die Kohlensäure über diesen Gehalthinaus, beträgt sie mehrere Percente, so wird eine solche Luft unathembar, obwohl Sauerstoff in Hülle und Fülle da sein kann, um den chemischen Theil der Athmung zu vollziehen; allein die Kohlensäure dringt ins arterielle Blut, wirkt daselbst lähmend auf das Central-Nervensystem und erzeugt dadurch einen Stillstand des Herzens, der Lunge, Asphyxie, Scheintod, Ohnmacht und endlich den Tod.

So klein diese Menge Kohlensäure ist, die ich jetzt angegeben habe als den gewöhnlichen mittleren Kohlen-

säuregehalt der Luft, nämlich 1 per mille, so macht das doch eine ganz erhebliche Ziffer, wenn Sie auf die Menge der Luft selbst eingehen. Die Atmosphäre hätte ungefähr 1 geographische Meile Höhe, wenn wir ihren Wassergehalt abrechnen, den normalen Barometerstand zu Grunde legen und annehmen, dass die Luft in allen ihren Schichten von gleicher Dichte bleibt. Es ist das freilich in der Natur nicht der Fall, die Luft wird um so dünner, je höher die Schichten hinaufsteigen und deshalb lässt sich auch die endliche Höhe der Luft nicht mit Bestimmtheit angeben. Es gibt Thatsachen, die für die Erhöhung der Luft auf 3 Meilen sprechen und solche, die für eine Erhöhung auf 10 Meilen sprechen. Doch das verschlägt für uns nichts; wir wissen, dass unter der Voraussetzung, die Dichte bleibe dieselbe, die Höhe der Luftsäule entsprechend dem Barometerstande eine geographische Meile betragen würde. Wenn wir nun 860 geographische Meilen als den Erdradius betrachten, so lässt sich sehr leicht daraus berechnen, wie viele Kubikmeilen die ganze Hohlkugel des Luftmeeres ausmachen müsste und das ist eine Zahl, die sich besser ansieht, als man sie spricht, nämlich 9,307.500 geographische Kubikmeilen das ist die Hohlkugel der Atmosphäre, das ist die Hohlkugel des Luftmeeres. Wenn nun auch wirklich die Kohlensäure in der Luft nicht mehr beträgt als 0.001, so macht diess doch für diese unermessliche Zahl die ganz erkleckliche Masse von 3862 Kubikmeilen. So viel Kohlensäure ist in der Luft. Wenn Sie das in's Gewicht umsetzen, so haben Sie in runder Zahl 100 sage Hundert Billionen

Centner Kohlensäure hängend in dem Luftmeere, trotzdem die Luft kaum 1 per mille dieses Gases enthält. Diese Berechnung, die auf mathematisch ganz richtiger Grundlage fusst, zeigt uns, dass diese angebliche Kohlen-säurespur in der Atmosphäre genug Kohlenstoff enthält, um die ganze, jetzt auf der Erde lebende Vegetation damit zu versehen. Denn in 100 Billionen Centner Kohlensäure sind 27 Billionen Centner reiner Kohlenstoff enthalten und das ist viel mehr als hinreicht, um alle Vegetation der Erde mit diesem wichtigen Element zu versorgen.

Wollen Sie das Gewicht der Luft sich in Kilogrammen repräsentiren, so ist, wie Sie wissen, ein Kilogramm gleich einer Menge von 2 Zollpfunden und Sie erhalten die Zahl 5,263,623,000,000,000,000 Kilo. Das sind die Kilogramme der Luft, und wenn Sie nun annehmen, wie es die feinsten Forschungen in der Alpenluft bewiesen haben, dass das Ammoniak, wohlgernekt in der Luft des Mont Blanc, 1 Millionstel beträgt, so finden Sie für das Ammoniak, das in dieser Luftmasse schwebt, noch immer die ganz respectable Ziffer von 5 Billionen Kilo. Das ist die Masse von Ammoniakgas, die sich in der Luft befindet. Auch die darin enthaltene Stickstoffmenge ist vollkommen ausreichend, um den ganzen Stickstoffgehalt der Vegetation, die heute lebt, zu decken.

Um das klar zu machen, wollen wir von einem anderen Standpunkte ausgehen. Die Ombrometrie, die beinahe ein Jahrhundert von den Physikern verfolgt wird,

d. h. die experimentelle Erforschung der Niederschläge, der Hydrometeore, hat gezeigt, dass auf eine Quadratmeile Flächenraum im Jahre, wenn man einen Durchschnitt von mindestens 10 Jahren nimmt, 1000 Pfund Regenwasser niederfallen, das sind 10 Eimer. Geben Sie nun dem Regenwasser, wie es auch wieder durch die Analyse erwiesen ist, einen mittleren Gehalt von $1\frac{1}{2}$ Gran Ammoniak per Pfund und berechnen Sie sich jetzt, wie viel Ammoniak auf einen Morgen, d. i. 2500 □ M., im Jahre bloss durch den Regen niederfällt, so finden Sie 2,500.000 halbe Gran Ammoniak, somit 1,250,000 Gran und dividiren Sie diess durch 7860, so werden Sie in runder Zahl 160 Pfund Ammoniak erhalten. In 160 Pfund Ammoniak sind aber 130 Pfund Stickstoff enthalten, also 1·3 Centner Stickstoff. So viel Stickstoff empfängt jeder Morgen Ackerlandes im Jahre bloss durch die Vermittlung des Regens.

Es wachsen nun auf einem Morgen Ackerlandes 26 Centner Holz, wenn es eine Waldung ist, 28 Centner Heu, wenn es eine Wiese ist und endlich 200 Centner Rüben, wenn es ein Futterland ist. Wenn Sie jetzt untersuchen, ob dieser 1·3 Centner Stickstoff wirklich in der Ernte enthalten ist, so finden Sie, dass der Stickstoffgehalt der Regenmenge den der Ernte übertrifft. Weder 26 Centner Holz, noch 28 Centner Heu, noch endlich 200 Centner Rüben enthalten 1·3 Centner Stickstoff. Es ist also der Beweis geliefert, dass sowohl in Bezug auf die Kohlensäure als in Bezug auf Ammoniak, sowohl in Bezug auf Kohlenstoff als in Bezug auf Stickstoff, die Luft

eine ausreichende Nahrungsquelle für die gesammte Vegetation bildet.

Wenn Sie den Cardinalversuch von Seaussure und Ingenhousz anstellen, um sich zu überzeugen, ob die Pflanze in der That im Stande ist, die Kohlensäure der Luft aufzunehmen, so gehen Sie dabei am besten in folgender Weise vor. Sie pflücken sich ziemlich fleischige, grüne Blätter ganz frisch vom Baume oder Gewächse, dem sie entstammen, nehmen diese unversehrten und frisch gepflückten Blätter, ballen sie mässig zusammen, ohne sie zu quetschen, und schieben sie in einen Cylinder, welcher mit reinem kohlen sauren Gas erfüllt ist, das Sie auf chemischem Wege entwickelt haben. Diesen Cylinder mit seiner Füllung sperren Sie mit einer Schichte Quecksilber in einer Wanne ab, auf dass er mit der äusseren Luft in keiner Berührung ist. Sie haben jetzt einen ausreichenden Büschel frischer grüner Blätter, die auch noch den nöthigen Feuchtigkeitsgrad besitzen über Quecksilber in einem Raume abgesperrt, der mit reiner Kohlensäure gefüllt ist. Diese Vorrichtung setzen Sie nun in's directe Sonnenlicht. Es geht der Process wohl auch im zerstreuten Tageslicht vor sich, aber träger und langsamer. Um aber das Experiment schneller zu machen, muss man die Bedingungen schärfen und die directe Insolation wählen. Nach einer mehrstündigen Besonnung können Sie sich überzeugen, dass die Kohlensäure aus dem Cylinder verschwunden ist, obwohl sie nicht durch das Quecksilber und ebensowenig durch die Wände des Glases hinaus konnte. Trotzdem ist sie im Cylinder nicht

mehr zugegen. Wir überzeugen uns davon sehr leicht, indem wir mittelst einer gekrümmten, heberförmigen Pipette eine starke Lauge über das Quecksilber aufsteigen lassen. Die Lauge ist leichter als das Quecksilber, sie hat also einen Auftrieb wie Oel im Wasser. Solange der Cylinder mit purer Kohlensäure gefüllt war, hätte dieser Versuch mit der Lauge den Erfolg gehabt, die Kohlensäure ganz zu absorbiren und der nicht übermässig hohe Cylinder, der im Verhältniss zum gewöhnlichen Luftdruck steht und eine Höhe von etwa 30 Zoll hat, hätte sich mit Quecksilber gefüllt, das Quecksilber wäre aufgestiegen und hätte Lauge und Blätter bis an die Decke des Cylinders hinaufgedrängt. Ein volles Resultat ist ganz gut zu erreichen, wenn man ungefähr eine 6stündige Besonnung wählt und die Blattmasse in ein gewisses Verhältniss mit dem Luftraume bringt. Dann wird der Erfolg der Lauge gleich Null sein, d. h. wenn Sie einen graduirten Cylinder anwenden, bemerken Sie, dass das Quecksilber gar nicht im Cylinder steigt, es bleibt alles unverändert. Jetzt haben Sie den Beweis hergestellt, dass die ursprünglich eingeführte Kohlensäure gar nicht mehr zugegen sein kann; denn was zugegen gewesen wäre, hätte die Lauge absorbirt und an deren Stelle wäre das Quecksilber in den Cylinder getreten. Da nun kein Quecksilber in den Cylinder tritt, verschlingt die Lauge nichts, folglich ist keine Kohlensäure mehr da. Was ist aber im Raume für ein Gas? Das Gas, dessen Volumen sich nicht geändert hat, ist das Sauerstoffgas. Dieses Gas ist eine Luftart, die farblos, geschmacklos

und geruchlos ist, in welches eingesenkt ein glimmender Span hell aufflammt, ein Gas, welches die Athmung und Verbrennung in hohem Grade unterhält und anregt, ein Gas, welches zu ungefähr $\frac{1}{5}$ die atmosphärische Luft bildet. Es ist somit der lebendigen grünen Pflanze die Fähigkeit eigen, Kohlensäure unter dem Einflusse des Sonnenlichtes aufzunehmen und dafür Sauerstoff auszuathmen. Es geschieht dies nur unter dem Einflusse des Wassers und des Sonnenlichtes, doch auch unter dem Einflusse aller, auch der künstlichen Lichte, wie man sich in neuester Zeit überzeugt hat, welche reich an sogenanntem aktinischen Lichte sind, welche zugleich Lichtbilder zu erzeugen vermögen. Nicht alles Licht, wenn es auch sehr hell ist, ist im Stande, photographische Aufnahmen zu gestatten. Das rührt von den übervioletten Strahlen her, die eine besondere chemische Wirkung repräsentiren. So könnte man heute also, wenn man Zeit genug hätte und die Kosten nicht scheuen würde, den Versuch selbst des Nachts anstellen. Man müsste nur den Cylinder, der mit frischen Blättern und mit Kohlensäure gefüllt ist, gerade gegenüber einer kräftig wirkenden Magnesiumlampe stellen. Wenn Sie das Magnesium, das sich von der Spule eines Uhrwerkes abhaspelt, verbrennen, so entsteht ein glänzendes Licht, das reich an übervioletten Strahlen ist und photographisch wirkt. Dieses Licht nun besitzt die Fähigkeit, die grünen, lebendigen Pflanzentheile zur Aufnahme von Kohlensäure und Exhalation von Sauerstoff zu disponiren.

Wir wollen nun sehen, wohin denn das im Leibe der Pflanzen kommt, was an Kohlensäure absorbiert wird.

Die Kohlensäure hat die chemische Formel CO_2 . Der Chemiker bedient sich gern dieser Abbreviaturen, dieser Formelschrift, weil sie ausserordentlich gefügig ist und weil sie sogar in einem gewissen Sinne algebraische und arithmetische Functionen zulässt. Mit dem Symbol C, carbo, bezeichnen wir das Kohlenstoffelement, mit dem Symbol O den Sauerstoff und die Zahl 2 zeigt uns an, dass zwei Atome, zwei Urtheilchen Sauerstoff mit einem Urtheilchen Kohlenstoff verbunden das durchsichtige, farblose Gas, die Kohlensäure ergeben. Nun denken Sie sich, 6mal sei diese Kohlensäure der Pflanze disponibel und 4mal das Wasser. Wasser schreiben wir H_2O , d. h. nichts anderes, als dass zwei Urtheilchen Hydrogen mit einem Urtheilchen Sauerstoff verbunden sind. Wenn wir jetzt die algebraischen Functionen machen, so haben wir im Ganzen C 6mal, Wasserstoff H 8mal und den Sauerstoff haben wir in der Kohlensäure 12mal und im Wasser 4mal, somit 16mal. Wenn Sie nun von diesem Atomencomplex, d. i. der Anzahl von Urtheilchen, welche die lebende Pflanze aufgesogen hat, auf dem Wege der Athmung, wenn Sie von dem Atomencomplex $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_{16}$ den Atomencomplex $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ abziehen, bleibt Ihnen gerade O_9 und da haben Sie ein Bild, wie die Pflanze im Innern mit der eingeathmeten Kohlensäure und dem aufgesogenen Wasser wirkt. Es entsteht beispielsweise Citronensäure. Citronensäure ist

eine organische Atomkette, welche geschürzt ist aus 6 Urtheilchen Kohlenstoff, 8 Urtheilchen Wasserstoff und 7 Urtheilchen Sauerstoff und der Rest des Sauerstoffes, den der Pflanzenleib nicht benöthigt, erscheint in der zurückgeathmeten, ausgehauchten Luft und das ist das Oxygen, das an die Stelle der eingeathmeten Kohlensäure tritt.

Sobald aber der eigenthümlich anregende Einfluss des Sonnenlichtes versiegt, wenn die Nacht sich über die Vegetation ausbreitet, in dem Augenblicke erlahmt auch diese Fähigkeit der Pflanze. Sie haucht keinen Sauerstoff mehr aus; kurze Zeit über bleibt der ganze Process stationär und allmählig geht er gleichsam in sein Gegentheil über, d. h. es wird Kohlensäure ausgehaucht. Die Kohlensäure, die doch früher von der Pflanze unter dem Einflusse des Lichtes aufgenommen oder eingeathmet wurde, wird jetzt im Dunklen ausgeathmet. Die Quelle dieser Erscheinung ist zunächst von den Forschern in einer ganzen Umkehrung des Pflanzenlebens gesucht worden. Man hat geglaubt, im Finsternen athme die Pflanze Sauerstoff ein und gebe Kohlensäure aus, so wie die Thiere. In manchen Fällen mag diese Meinung ihre Berechtigung haben, aber gewiss nicht in allen. Es gibt Fälle, wo eine solche Kohlensäureausathmung bloss durch einen weitergehenden chemischen Process eintritt, indem sich die kaum gewonnenen Moleküle der Säuren wieder in vermehrtem Masse zusammengruppiren, und unter Abscheidung von Kohlensäure in zuckerartige und Stärkemehl-Körper zerfallen. Es ist

also diese Aushauchung der Pflanze von Kohlensäure im Finstern, die zweifellos nachgewiesen ist, nicht immer nothwendig derselbe Process, wie die thierische Athmung, nicht immer nothwendig eine Folge der Aufnahme von Sauerstoff, denn das wäre dem Process des Pflanzenlebens diametral entgegen, sondern es ist die Kohlensäure häufig bloss ein Spaltungsproduct in Folge eines inneren chemischen Processes. Dass aber in der That auch die Athmung von Sauerstoff und Ausathmung von Kohlensäure im Pflanzenleben stattfinden kann, zeigt uns der wunderbare Act der Keimung. Wenn der Pflanzensame im dunkeln Mutterschoss der Erde keimt, so befolgt er wunderbarer Weise dieselben Gesetze, wie der animalische Keim; die keimende Pflanze verhält sich wie ein athmendes Thier.

Ein grosser und in seinen Produkten sehr beliebter Process, nämlich das Brauen, hat das zufällig sehr in's Klare gebracht. Die Studien über die Mälzung sind es, die den Keimungsprocess vollkommen klar gemacht haben. Die Gerste wird zuerst, wie man sich technisch ausdrückt, gequollen zum Behufe der Mälzung, eingeweicht, in's Wasser gelegt (anfangs nahm man fliessendes Wasser, jetzt nimmt man lieber reines und stehendes Wasser) und nun lässt man die Gerste so lange schwellen, bis sie leicht aus der Hülse schlüpft. Sobald dieser mechanische Process erreicht ist, wird die Gerste auf einen mässig warmen und dunkeln Ort gebracht, also auf die eigentliche Malztenne. Dunkelheit ist hier absolut nothwendig, weil im Lichte der gegenläufige Pro-

cess stattfände. Das Licht disponirt die Pflanze, Kohlensäure aufzunehmen und Sauerstoff zurückzugeben; die Keimung selbst knüpft sich daran, dass Sauerstoff aufgenommen und Kohlensäure ausgehaucht werde. Und in der That kann man diess wissenschaftlich in einem geschlossenen Apparate verfolgen. Das im Dunkeln keimende Samenkorn schlürft fortwährend aus der Luft Sauerstoff ein und gibt Kohlensäure aus, und unter diesem Process, der völlig gleichkommt der Function des bebrüteten Thiereies, entwickelt sich aus dem Klebergehalte des Samenkorns die Diastase oder Malzhefe, jenes Ferment, das den Anstoss zu einem weiteren Zersetzungsprocess im Korne bildet. Diese Diastase, entstanden durch Absorption des Sauerstoffes aus der Luft, hat nun die Fähigkeit, das todtte Stärkemehl in der Schatzkammer des Kotyledon's der Gerstenkörner in flüssigen Zucker umzuwandeln. Da wird der Process der Keimung im Braugeschäfte unterbrochen und wir wollen darin nicht weiter gehen. Aber in der Natur bleibt dieser Process jetzt nicht stehen. Ist das Stärkemehl einmal als Zucker flüssig geworden, dann unterliegt es dem noch kräftigeren Einflusse der Fermente und differenzirt sich allmähig zur Faser der Cellulose. Es wächst das Würzelchen hinab und die Fäserchen der Pflanze bewurzeln sich; das Federchen strebt mit der Axe aufwärts gegen das Licht, um dann, sobald die erste Bildung der grünen Chlorophyllkörner eingetreten ist, jenen wunderbaren, gerade entgegengesetzten Lebens-

process zu beginnen, demzufolge die Pflanze Kohlensäure einathmet und Sauerstoff zurückathmet.

Ich habe früher gezeigt und ziffermässig nachgewiesen, dass unser Luftmeer eine Fülle Nahrungsmaterial für die lebenden Pflanzen enthalte. Ich habe nunmehr für die Kohlensäure experimentell die Fähigkeit der Pflanze gezeigt, dieselbe einzuathmen, zu assimiliren und dafür Sauerstoff zurückzugeben. Schwieriger ist dieser Beweis im glatten Experiment für den Stickstoff; aber es ist auch hier durch feine und mühsame Untersuchungen gezeigt worden und unterliegt heut zu Tage keinem Zweifel mehr, dass die ungeheuere Masse freien Stickstoffes weder an der Animalisation, noch an der Vegetation irgend welchen directen stofflichen Antheil nimmt. Dieser ungeheuere Kapitalstock von Stickstoff, der in der Luft enthalten ist, ist ein rein mechanisches, träges Vehikel, ist das eigentliche Wasser des Luftmeeres, während der Sauerstoff gleichsam das Salz des Luftmeeres ist. Der Stickstoff ist ein indifferentes, theilnahmsloses Gas, das zur Verdünnung des Sauerstoffes, zur Verflüchtigung des Wassers beiträgt, das aber selbst nicht theilnimmt am Leben der Zelle. Der Stickstoff, den wir bei jedem Lungenheben des Athmens einziehen in Form von atmosphärischer Luft, kann möglicher Weise in kleinen Mengen auf dem Pfade der Diffusion in's Blut gelangen, um aber gleich wieder in den Ausdünstungen der Haut ausgeschieden zu werden. Theilnehmend am Lebensvorgange ist er nie und nimmer. Eine chemische Wirksamkeit hat er nicht, er

gilt uns nur als Träger des verdünnten Sauerstoffes. Würde die atmosphärische Luft bloss aus Sauerstoff bestehen, so würde sich das thierische Leben mit einer solchen Vehemenz entwickeln, in solcher Gewaltfülle übersprudeln, dass das auf Kosten der Lebensdauer geschehen müsste. Wenn wir eine Atmosphäre hätten, die fast nur aus Sauerstoff bestünde, dann wäre ein Knabe von 10 Jahren ein Methusalem unter den Greisen, so rasch würde sich das animalische Leben verzehren, analog der Brenndauer einer Kerze. Wenn man eine Kerze, die in der Luft 8 Stunden brennt, im Sauerstoff anzündet, so wird sie in 2 Stunden ausgebrannt sein, allerdings mit glänzendem Lichte. Es ist also der Stickstoff eigentlich nichts Anderes, als das Verdünnungsmittel des Sauerstoffes, theil nimmt er, wie gesagt, weder am thierischen Leben, noch auch an dem der Pflanzenwelt. Also auch die Stickstoffernährung der Pflanze muss auf Kosten des Ammoniaks gesetzt werden, nur muss ich bemerken, dass die Pflanze ein von Natur aus mit einer wunderbaren Kraft begabter Reductionsapparat ist, der staunenswerthe Reductionsprozesse vollbringt. Das Ammoniak kann zwar nicht unter dem Einflusse des gewöhnlichen Sauerstoffes, wohl aber durch den Einfluss eines mittelst der Elektrizität gereizten und geschärften Sauerstoffes, den wir Chemiker dann mit dem kurzen Namen Ozon zu bezeichnen pflegen, am Ende thierischer Fäulnissprozesse zu Salpetersäure verwest werden. Sie brauchen sich nur zwei solche Moleküle von Ammoniak zu denken, so kann daraus

entstehen NO_2HO , d. i. einmal Salpetersäure-Hydrat, dann noch einmal NO_2HO , d. i. also zweimal Salpetersäure-Hydrat. Nun haben Sie N_2H_6 , folglich im Ganzen H 6mal. Hievon 4 Theile Wasserstoff brauchen nun zwei Theile Sauerstoff, um Wasser zu bilden. Nun haben Sie aber O 6mal noch in der Salpetersäure enthalten. Sie sehen also, dass 8 Urtheilchen von Sauerstoff im Stande sind, 2 Moleküle von Ammoniak in Wasser und Salpetersäure-Hydrat umzuwandeln. Das ist ein Oxydations-Process, eine Verwesung, welche nur unter dem Einfluss der kräftigsten Potenzen, der Elektricität, oder des Ozons erfolgt. Es ist diess das Princip der alten Salpeterplantagen. Die Pflanze ist nun im Stande, unter dem Einflusse des Wassers die Salpetersäure zuerst in Ammoniak zurückzuführen und dann erst den Stickstoff des Ammoniaks in ihrem Leibe zu assimiliren. Die Pflanze besitzt also die wunderbare Fähigkeit, den Verwesungsprocess rückgängig zu machen und deshalb haben wir das Recht, die lebende Pflanze, die lebende Pflanzenzelle einen der kräftigsten Reductionsapparate zu nennen, die es überhaupt gibt.

Wenn Sie nun mit einer verdünnten Salpeterlösung einen Baum begiessen, wenn Sie die Erde rings um die Wurzel des Baumes mit verdünnten Salpeterlösungen besprühen, so können Sie nach wenigen Tagen, am dritten Tage sicher, in den Blättern des Baumes Ammoniak nachweisen, ein Nachweis, der früher misslungen wäre. Die Blätter, fein zerschnitten und mit verdünntem kohlen-sauren Natron behandelt, geben für gewöhnlich kein

Ammoniak aus, wohl aber, wenn das soeben erwähnte Experiment vorgenommen wurde, ein Beweis, dass nicht nur die Salpeterlösung durch die Saugwurzel der Pflanze aufgenommen wurde mittelst des Säftetriebes, sondern dass auch die Pflanze durch eine geheimnissvolle, ihr inwohnende metabolische Kraft die Fähigkeit besass, aus der Salpetersäure das Ammoniak zu reduciren. Dabei bleibt allerdings dieser Process im Pflanzenleibe nicht stehen, sondern das rückgebildete Ammoniak verfällt der Assimilation der Pflanze. Der Stickstoff des Ammoniaks wird eingeführt in die übrigen Atome des Pflanzenleibes und daselbst durch mannigfache chemische Verbindungen in Kleber, in Alkaloide und ähnliche Körper umgewandelt.

Wenn es nun wahr ist, dass die Atmosphäre so überreich ist an Stickstoff- und Kohlenstoffnahrung für die Pflanzenwelt, so fragt es sich, aus welchem Grunde düngt man denn dann mit Stickstoffdünger und sogar mit Kohlenstoffdünger. Zur Erhaltung des gesunden normalen Entwicklungszustandes der Pflanze ist eine solche Düngung in der That ganz überflüssig. Sie wird nur dort angewendet, wo ganz parallel mit der Thierwelt die Menschen sich nicht mit der gesunden Entwicklung, mit der normalen Ernährung des Pflanzenkörpers begnügen, sondern wo die Habsucht des Menschen eine wirkliche Mästung der Pflanze bewirken will, gerade so, wie man die Thiere in vieler Beziehung überfüttert, weil man sie als Erzeugungsmaschinen des Unschlittes oder der Milch behandelt. Geradeso, wie wir da über die Grenzen der

normalen Lebenserhaltung hinausgehen mit der Nahrung, ebenso werden in der schwarzen Erde des Gemüsegartens die Pflanzen überdüngt, gemästet mit diesen Grundstoffen ihrer organischen Ernährung, damit sie in überraschender Ueppigkeit gedeihen. Dabei verlieren sie aber sehr häufig die Fähigkeit ihrer Fortpflanzung und so entstehen diese wunderbaren Geschöpfe moderner Gartenkunst.

Wer sich die Stammpflanze, den wilden Kohl, den wilden Rettig oder gar den Spargel ansieht, muss sich verwundern über die übermässig mächtige Zellengewebe-Entwicklung, über diese Ueppigkeit, die die Pflanze erlangt, wenn sie der organischen Mästung der Gemüsegärtnerei unterzogen wird, aber Saatzpflanzen werden sie in der Regel nicht oder schlechte. Also gilt hier nicht die gesunde Entwicklung des Individuums der Pflanze, hier gilt wahrhaft nur die Mästung, so wie Sie endlich auch ein Mastschwein vom diätetischen Standpunkte aus kaum mehr als ein gesundes Individuum betrachten können. Dieses ist in seinem eigenen Fette erkrankt und erstickt, liefert aber jene Producte, welche der Mensch in seiner Willkür von ihm verlangt; gerade so ist es auch mit den Gemüsepflanzen der Fall. Diese sind nicht mehr im Stande, die Totalität des Pflanzenlebens bis zum fruchtbaren Samen hervorzubringen. Sie sind üppige, ins Kraut geschossene Entwicklungen des Zellenorganismus. Es tritt Stoff- und Wasserfülle ein, der Organismus erliegt einer künstlichen Mast und um diese Mast zu erzielen, ist die künstliche Zufuhr des zur Scholle hinströmenden Stickstoffs und Kohlenstoffs erforderlich,

daher die humusreiche Erde, wo die Pflanze eingesenkt ist. Man concentrirt und fixirt nur den Strom des Lebens in Gartenerde, die mit Jauche gedüngt ist, oder mit Vogelkoth, um reich an Stickstoff zu sein und das Uebermass dieses Elementes der Pflanze zuzuführen.

Ganz anders stellt sich der mineralische Theil der Düngung heraus. Vergessen Sie nie, dass die Pflanze zwar ein organisches Wesen ist, aber im Anorganismus wurzelt. Selbst jene Pflanze, die man in China sogar in den Wohnungen zieht und die scheinbar absolut nur von der Luft lebt, muss doch mit den Würzelchen an dem Kalk der Mauer hinschleichen, sich ankleben und das unentbehrliche, mineralische Element an sich reißen, denn ganz ohne Asche gibt es keinen Organismus, weder einen pflanzlichen noch einen thierischen. Wenn man eine totale Pflanze, ein reifes ganzes Individuum in den Schmelztiegel des Chemikers wirft und durch einen chemischen Process alles Verbrennliche verflüchtigen lässt, so wird im Tiegel ein feuerfester Rest zurückbleiben und dieser Rest ist der Zoll des Anorganischen, welchen der Organismus der Natur entrichten musste. Ohne die anorganischen Bestandtheile könnte die Pflanze nicht ihren Lebensprocess vollführen und jenen wunderbaren Athmungsprocess vollziehen, von dem ich früher gesprochen habe. Erschöpft sich daher der Boden an jenen Mineralien, welche der Pflanze unentbehrlich sind, dann geht die Ernte rasch in die Brüche, die Saat missträth, die Pflanze verkümmert und die Ernte wird von Jahr zu

Jahr schlechter, bis endlich der Boden seine Dienste gänzlich versagt.

Darum kann man von der mineralischen Düngung nicht dasselbe sagen, was ich früher von der organischen Düngung sagte. Die organische Düngung mit kohlenstoffreichen Materien, die verwesen, und mit stickstoffreichen Stoffen ist eine Mast der Pflanze, die mineralische Düngung ist aber zum Leben, zur Gesundheit des Pflanzenindividuums unentbehrlich und bei ihrer Entziehung verhungert die Pflanze. Allerdings sind auf lange Zeit hinaus die Bedingungen in der Natur gestellt. Der Verwitterungsprocess, der fortwährend in dem durchlüfteten und durchwässerten Boden platzgreift, macht immer von dem Capitalsstock des Felsens neue Zinsen, neue Renten fällig, die er in löslicher Form den saugenden Pflanzenwurzeln zuführt. Aber endlich kann Alles einmal erschöpft werden. Die tiefsten Brunnen, wenn sie keine Zuflüsse mehr haben, schöpfen sich aus. Meere müssten sich erschöpfen und leeren, wenn sie nicht Zuflüsse hätten. Kehrt also durch die willkürliche Wirthschaft des Menschen diese massenhafte Aschenmenge, die jährlich in Form der Ernte dem Boden entzogen wird, niemals auf das Feld zurück und kann sie endlich nicht auf dem Wege der Verwitterung aus tieferen Gesteinschichten ersetzt werden, so macht der Boden Strike, er hört auf, die Saat gedeihen zu lassen, er trägt nicht mehr, die Ertragsfähigkeit desselben ist verloren. Das kann verhütet, behoben oder beseitigt werden durch die mineralische Düngung.

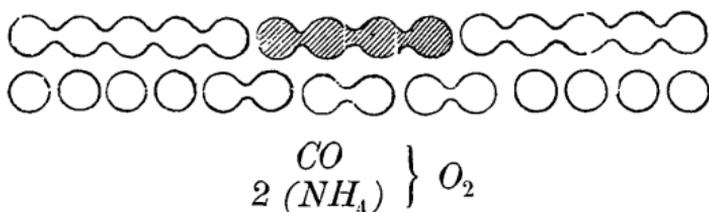
Die mineralische Düngung hat die Aufgabe, jene zum Leben der Pflanze unentbehrlichen Stoffe derselben zuzuführen, die sie nicht oder nur zufällig aus der Luft anziehen könnte. Es sind deren nicht viele. Vor Allem die Kalisalze, in kleineren, minder bedeutenden Mengen Natronsalze, Kalk und Magnesia, etwas Eisen, etwas Schwefelsäure, etwas Kieselsäure, etwas Phosphorsäure. Mit einem ziemlich engen Kreise mineralischer Stoffe ist also die Pflanze von anorganischer Seite befriedigt. Besitzt sie aber nicht die Möglichkeit, sich durch das kräftige Mittel ihrer Saugwurzel mit diesen Salzen in gelöster Form zu versehen, dann nützt auch die Mast, dann nützt auch der üppigste organische Dünger nichts. Denken Sie sich eine junge Pflanze, die schon über die ersten Anfänge hinaus ist, die schon eine gewisse Stabilität und Widerstandskraft gegen die atmosphärischen Einflüsse besitzt, übersetzt in einen Boden, der ihr von vorn herein gar nichts brauchbares Anorganisches mehr bieten kann, also z. B. in ganz rein ausgeglühte Kieselerde. Selbe ist nicht löslich, durch das Ausglühen ist sie ganz unlöslich geworden; sie enthält zugleich weder Kalk noch Kali, noch Phosphorsäure, noch Schwefelsäure. In eine solche künstliche Erde, die im Laboratorium des Chemikers erzeugt worden ist, setzen Sie die Pflanze mit unversehrten Wurzeln ein, und geben Sie ihr jetzt Kohlensäure und Ammoniak, sei es in reinsten oder in unreinsten Form, aber immer nur mit Ausschluss von Mineralstoffen. Sie werden sehen, dass trotz dieser Mästungsversuche, trotz dieses reichen, übermässigen

Zuflusses an organischen Stoffen und organischer Nahrung die Pflanze verkümmern und zu Grunde gehen wird. Sie erlangt nicht die Samenreife, ihre Entwicklung macht einen Abschluss, die Pflanze welkt und stirbt ab, weil sie nur dann die Fähigkeit hat, diese Luftstoffe ihrer Nahrung, Kohlensäure und Ammoniak zu assimiliren, wenn sie mit den ihr unentbehrlichen Mineralstoffen gehörig versorgt ist.

Es ist also Thatsache, dass die Pflanze wirklich von der Luft lebt, vorausgesetzt, dass sie in jenem Boden steht, der sie mit den für sie unvermeidlichen Mineralien versorgt. Machen Sie auf chemischem Wege eine Erde, die in physikalischer Beziehung genügt, d. h. die das Wasser einigermassen zurückhält, einigermassen durchlässt, nicht eine Erde, die wie der Pfeifenthon oder der Porzellanthon zu plastischen Massen gerinnt, wenn man sie mit Wasser befeuchtet, aber die sich auch nicht löst, sondern jene Erde, wo das Wasser durchschlägt, jenes glückliche Gemisch von Sand, Kalk und Thon, den Mergel, welcher eigentlich die Urscholle des Culturlandes ist. Machen Sie eine solche künstliche Erde, die ganz frei ist von organischen Stoffen, versehen Sie dieselbe mit etwas Kalisalz und Phosphorsäure, und setzen Sie da herein ein gut entwickeltes Exemplar einer unversehrten Pflanze, dann werden Sie sehen, dass sie ohne weitere Düngung gedeiht. Denn factisch reicht für die bloss gesunde Entwicklung des Pflanzenleibes das Einschlürfen des Luftsalzes hin, jenes Luftsalzes, das wir chemisch als kohlen-saures Ammoniak analysiren. Dieses Salz ist ein starrer,

weisser Körper, der die merkwürdige Eigenschaft hat, zu verdunsten. Wenn Sie ein solches starres, festes Stück auf die Wage legen und dieselbe genau ins Gleichgewicht setzen, so vergeht keine Stunde und Sie sehen einen Ausschlag und in einer Woche ist es gänzlich verschwunden. Dieses weisse Salz führt den sonderbaren Namen Hirschhornsalz, *sal cornu cervi*, weil es bei der trockenen Destillation des Hirschhorns entdeckt wurde. Es besteht in chemischer Beziehung aus einem Urtheilchen Kohlenstoff, das wir uns graphisch durch vier in einander geschlungene Kugeln vorstellen und aus einem Urtheilchen Sauerstoff, aus zwei typischen Urtheilchen Sauerstoff, endlich aus zweien fünffach verschlungenen Kugeln des Stickstoffs, welche mit je vier Wasserstoffkugeln verbunden sind.

Somit stellt sich seine Formel so:



Das ist der Körper, den Sie vor sich sehen. Dieser starre Körper hat alle Bestandtheile, um glattauf in Kohlensäure, Ammoniak und Wasser zu zerfallen. Was Sie vor Allem riechen, ist das Ammoniakgas, das er aushaucht. Das Ammoniakgas ist so stark, dass Sie den leise prickelnden Geruch der Kohlensäure daneben nicht wahrnehmen können. Dieses Salz ist das, was wir Chemiker

factisch als verdichtete Luftnahrung der Pflanzenwelt auffassen können, es ist die organische Quintessenz des Düngers.

Sie haben nun, wie ich hoffe, die Ueberzeugung gewonnen, dass das höhrende Sprüchwort „man kann nicht von der Luft leben“ keine Richtigkeit hat, denn schliesslich leben wir eigentlich Alle von der Luft. Die Pflanzenwelt in ihrer grossen Entwicklung lebt nur von der Luft. Der Klebergehalt, der in unserem Weizenmehl vorkommt und der uns in unserem Brode nährt, ist aus der Verdichtung und Assimilation dieses Salzes durch eine Metabolie der lebenden Pflanzenzelle gebildet. Von der Pflanze nährt sich das herbivore Thier. Das pflanzenfressende Thier ist unser Hausthier und unsere eigene Nahrung setzt sich aus Pflanzenfressern und Pflanzen selbst zusammen. Da nun die Pflanzenfresser nur von der Pflanze, die Pflanzen nur von der Luft leben, so sehen Sie, dass wir Alle von der Luft leben und dass das alte Sprüchwort „von der Luft könne man nicht leben“ grundfalsch ist. Die organische Schöpfung ist nichts Anderes als verdichtete Luft, allerdings unter dem geheimen Einflusse der Mineralstoffe.

Ich erlaube mir nun, diesen Gegenstand, den ich ohnediess hinreichend durchgesprochen zu haben glaube, zu verlassen. Ich könnte freilich in dieser Richtung noch Manches mittheilen. Gerade wir Oesterreicher haben das zweifelhafte Glück, dass es sogar aussieht, als ob wir nicht blos von der Luft leben wollten, sondern als ob auch unser Geld nichts sein sollte, als Luft. Denn

wir haben uns allmählig ziemlich schnöde von dem mineralischen Metall zurückgezogen und unsere Werthe, seien sie nun Banknoten oder Actien, sind grösstentheils Cellulose, d. i. nichts anderes als verdichtete Kohlensäure und Wasser. Aber ich glaube, diese Betrachtungen sind jetzt vor den Weihnachtsferien nicht opportun und es erübrigt mir also nur noch die angenehme Pflicht, Ihnen, geehrte Anwesende, recht glückliche Feiertage im Namen des Vereines zu wünschen. Mögen Sie dieselben im Kreise der Ihrigen recht froh und glücklich verbringen!

Zur Beachtung.

Dieser 2. und der 3. Vortrag des Herrn Prof. Kletzinsky sind nach flüchtigen stenographischen Aufnahmen gedruckt.

Seite 80, Zeile 5 v. o. statt Rosefort ist zu lesen: Rutherford.

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: 1874

Band/Volume: [14](#)

Autor(en)/Author(s): Kletzinsky Vinzenz

Artikel/Article: [Ueber die Luft in ihrer Beziehung zur Vegetation. 77-105](#)