

62/01.

**Das Verhältniss der Pflanzen  
zur Atmosphäre.**

**Eine  
zur Erlangung des Magistergrades  
geschriebene**

mit Genehmigung Ihrer Hochverordneten Pädagogischen Facultät der Kaiserlichen Universität  
Dorpat

zur öffentlichen Verteidigung bestimmte

**Abhandlung**

von

*Heinrich Byczkowski.*



UNIVERSITÄT  
DORPAT

---

**Dorpat, 1844.**

Druck von Heinrich Lohmann.

Der Druck ist unter der Bedingung gestattet,  
dass nach der Beendigung desselben die gesetzliche  
Anzahl von Exemplaren an die Dorpatische Censur-  
behörde abgegeben werde.

Dorpat am 29. August 1849.

Dr. *Max v. Krage*,  
Decan der philosophischen Facultät.

Q 63096

## Das Verhältniss der Pflanzen zur Atmosphäre.

Die Hauptbedingung des organischen Lebens — dass nämlich die zur Bildung der Organismen und zur Unterhaltung des Stoffwechsels in denselben nöthigen Substanzen von aussen her (als Nahrung) aufgenommen werden müssen, — hat die Existenz der Thiere an die der Pflanzen geknüpft.<sup>1)</sup> Es ist aber dies nicht der einzige Dienst, den die Pflanzen dem Menschen und Thieren erweisen. Ausser der Befriedigung ihrer verschiedenen Bedürfnisse bedingen sie ihr Leben noch auf eine andere Weise: sie erhalten die Atmosphäre in einem solchen Zustande, in welchem sie nachwe-

---

(1) Die Infusorien ausgenommen, unter welchen manche Arten sich befinden, die sich mit anorganischen Substanzen ernähren können.

dig bleiben muss, wenn die meisten Thiergattungen nicht untergehen sollen. Diese letztere Bestimmung der Pflanzen näher zu betrachten und zu beweisen, dass sie diese wirklich erfüllen, ist der Zweck dieser Abhandlung.

## §. 1.

### Das Gleichgewicht der Atmosphäre.

Viele Analysen der atmosphärischen Luft haben uns eine Zusammensetzung derselben kennen gelehrt, die sich überall und zu verschiedenen Zeiten durchschnittlich gleich bleibt, d. h. niemals sich auf längere Zeit verändert, und zu welcher die Atmosphäre nach jedem Entsetzen immer zurückzukehren strebt. Eine solche Zusammensetzung der Atmosphäre nennen wir das Gleichgewicht derselben.

Zu den Bestandtheilen der Atmosphäre gehören bekanntlich: Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Ammoniak, Wasserdampf und noch manche zufällige, wenig untersuchte Beimengungen.

Die beiden ersten Bestandtheile der Atmosphäre, welche die Hauptmasse derselben ausmachen, bilden die reine atmosphärische Luft und stehen in einem constanten Verhältnisse zu einander. In einer von allen Beimischungen befreiten Luft hatten die feinsten eudiometrischen Versuche stets 21 Vol. Sauerstoff auf 79 Vol. Stickstoff ge-

zeigt (1); und dass es nicht allein den möglichen Beobachtungsfehlern zuzuschreiben sei, wenn die Atmosphäre auch in einer langen Zeit keine merkliche Veränderungen erleidet, beweist unter anderem der Umstand, dass die in Herulanum seit 18 Jahrhunderten eingesperrte Luft ganz dieselbe Zusammensetzung gezeigt hat, wie die Atmosphäre in unserer Zeit. Die Menge der Kohlensäure variiert zwischen 2,46 und 3,74 Vol. in 10000 Volumen der gesammten Luft, die des Wasserdampfes zwischen 5 und 15 derselben. Ueber die Menge Ammoniak wissen wir so gut wie gar nichts, weil sie sehr unbedeutend und noch dazu mehr veränderlich ist, als die aller vorhergenannten Bestandtheile der Atmosphäre. Wir sehen daraus, dass das Gleichgewicht der Atmosphäre sich am deutlichsten in dem Verhältnisse des Sauerstoffs zum Stickstoff kund gibt; wir werden uns also zuerst mit diesem Verhältnisse beschäftigen.

Wenn uns auch keine Mittel zu Gebote stehen, die Veränderlichkeit der Mengen von Sauerstoff und Stickstoff nachzuweisen, so sehen wir doch, wie der Sauerstoff auf alle mögliche Weise der Atmosphäre entzogen wird; und da wir sein Verhältnisse zum Stickstoff als constant annehmen müssen, so wird entweder der Stickstoffgehalt

(1) Graham Oms, Lehrbuch der Chemie Bd. II. S. 98.

der Atmosphäre auch vermindert, wobei alsdann beide Hauptbestandtheile der Atmosphäre ausser dem Bereich derselben bleiben, oder sie kehren mit andern Körpern verbunden in sie zurück, oder auch Sauerstoff und Stickstoff werden durch verschiedene Prozesse der Atmosphäre unverbunden zurückgegeben.

Die erste Erklärung stösst auf einen unwiderlegbaren Einwurf: es würde sich dann augenscheinlich die Masse der atmosphärischen Luft und folglich auch ihr Druck auf die Erdoberfläche stets vermindern, das Sieden von Flüssigkeiten bei immer niedrigeren Temperaturen statt finden, was der Erfahrung und den barometrischen Beobachtungen widerspricht. Und was die zweite Erklärung betrifft, so können wir sie durch keine Versuche weder umstossen noch beweisen: der Sauerstoff könnte als Kohlensäure, der Stickstoff als Ammoniak zurückkehren. Die Mengen dieser Verbindungen sind in verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten so veränderlich, dass die genauesten Untersuchungen erst nach einer sehr langen Zeit die Zunahme derselben in der Atmosphäre nachweisen könnten<sup>(1)</sup>. Da endlich viele

(1) Bis in die neueste Zeit hielt man Ammoniak für eine zufällige Hebenngang, in der Atmosphäre: erst Löbzig machte klar, indem er neuere und frühere Versuche und Beobachtungen zusammenstellte, dass Ammoniak eine in der Natur sehr verbreitete Körper sei. (Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agriculture und Physiologie S. 108 u. ff.)

Erfahrungen für die dritte Erklärung sprechen, so ist keiner von beiden ohne Weiteres der Vorzug zu gewähren, und wir werden eher zum Ziele kommen, wenn wir die Frage nach der Ursache des constanten Verhältnisses zwischen Sauerstoff und Stickstoff in eine andere umgestalten: ob nämlich die Zusammensetzung der Atmosphäre sich niebend verändern kann, oder, was dasselbe ist, ob Ursachen existiren, welche die zeitliche Störung des Gleichgewichts der Atmosphäre wieder herzustellen vermögen?

Zur Beantwortung dieser Frage aber ist es nöthig die Ursachen, welche dieses Gleichgewicht stören, kennen zu lernen.

## §. 2.

### Die Absorbirten von Sauerstoff.

Der Ursachen, welche die Veränderung des Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre bewirken, sind unendlich viele, obswol sich alle in eine auflösen können: nämlich in die grosse Affinität des Sauerstoffs zu allen einfachen Körpern (Fluss etwa ausgenommen).

Alle Gesteinsmassen unseres Planeten, viele Gesteine, der Untergrund des Bodens und dieser selbst, enthalten unter ihren Bestandtheilen solche, die in Berührung mit der Luft Sauerstoff anziehen und sich mit ihm zu Säuren und Basen verbinden,

wie Schwefel-, Chlor-, Kiesel- und andere Verbindungen; unedle Metalle oxydiren sich beständig. Das so bedeutend verbreitete Eisen oxydirt sich dann sogar höher, wenn es schon als Oxydul mit einer Säure verbunden ist; und wenn auch jetzt die anorganischen Körper nicht so viel Sauerstoff consumiren, als in früheren Zeitperioden, wo noch unendlich grosse Mengen davon nicht oxydirt waren, so ist dessen schätzbarster der Verbrauch an Sauerstoff auf diesem Wege sehr bedeutend. Eine bei weitem grössere Menge Sauerstoff aber wird von organischen Wesen und Substanzen in Anspruch genommen. Pflanzen bedürfen Sauerstoff zu ihrem Leben; ihre grünen Theile eben so wie ihre Wurzeln, müssen von einer sauerstoffhaltigen Luft umgeben sein und ziehen diese mit ihrer Nahrung ein; Thiere athmen Sauerstoff ein und verwenden ihn zum Theil zur Bildung von Kohlensäure; organische Körper, die sich nicht mehr im Bereich des Lebens befinden, unterliegen, ebenso wie andere Körper, der Oxydation (sic verwesca). Bei den Verbrennungsprocessen, die ebenfalls in einer Oxydation der brennbaren Körper bestehen, werden unermessliche Mengen Sauerstoff der Atmosphäre verbraucht. — Bei allen zuletzt erwähnten Processen bildet sich eine Menge Kohlensäure beinahe von dem gleichen Volumen des verbrauchten Sauerstoffs.

Die Zusammensetzung der Atmosphäre wird

dabei auf vielfache Weise verändert. Der Sauerstoffgehalt derselben vermindert sich, während sich die Masse von Kohlensäure, Wasserdampf und andern Gasarten vermehrt. Alle diese Ursachen zusammenswirkend würden die Atmosphäre in einer nicht sehr langen Zeit untauglich machen das Leben der Thiere zu unterhalten<sup>(1)</sup>; wenn nicht andere Ursachen vorhanden wären, welche den

(1) Nach *Lavoisier's* und *Davy's* Beobachtungen verbraucht ein Mensch in 24 Stunden 3601 Cub. Fuss Sauerstoff, folglich in einem Jahre 505 C. F. und die Menschenszahl auf der Erde, zu 1000 Millionen angenommen, verbrauchen diese in einem Jahre 505 Milliarden C. F. oder 98 Cub. Meile Sauerstoff und bilden fast ebensoviel Kohlensäure. Bei andern Geschöpfen ist diese Menge nicht ermittelt worden, weil über die Menge der von einzelnen Thieren erzeugten Kohlensäure nur wenige Untersuchungen gemacht sind, die Zahl der Thiere auf der ganzen Erde kann aber nie ein Gegenstand der Berechnung werden. Die Quantität des durch die Thiere der Atmosphäre entzogenen Sauerstoffs übersteigt aber vielfach die des durch die Menschen consumirten. Wenn wir noch dazu die Masse von Sauerstoff rechnen, welche bei Gährungs- und Verbrennungsprocessen jährlich verbraucht wird, und bedenken, dass die von der Menschheit consumirte Luft nur 13 bis 14 Kohlenäure enthält, dass eine nicht mehr als 5% Kohlenäure enthaltende Luft schon nur wenige Stunden lang einathmet, den Tod bringen kann (*1820, Chemie Bd. II. S. 162*), und dass die Zusammensetzung der Atmosphäre nicht viel von der uralten, verschiednen sein kann, ohne wesentliche Modificationen in dem animalischen Leben zu bewirken, so ist es klar, dass es keiner sehr langen Zeit bedarf, um die Veränderung in der Zusammensetzung der Atmosphäre sichtbar zu machen.

einander entgegenwirken und das gestörte Gleichgewicht der Atmosphäre wieder herstellen.

### §. 3.

Das Interesse, welches an die Beantwortung dieser Frage geknüpft ist, veranlasste viele Untersuchungen und Analysen der Luft, und die älteste Meinung war, dass es die Pflanzen sind, welche die Kohlensäure der Luft zersetzen und dafür Sauerstoff entlassen. *Præstley* bemerkte zuerst, dass die Pflanzenblätter die Eigenschaft besitzen die durch das Verbrennen der Körper oder die Respiration der Thiere verdorbene Luft zu verbessern, ohne auf die Ursache davon zurückzugehen<sup>(1)</sup>. *Sennebier* suchte die Ursache davon in ihrer zersetzenden Wirkung auf die Kohlensäure, deren Kohlenstoff sie in ihrem Organismus fixiren<sup>(2)</sup>. Viele andere Gelehrte (wie *Jugelmoss*)<sup>(3)</sup> haben sich durch derartige Untersuchungen grosse Verdienste um die Naturwissenschaft erworben.

Alle solche Untersuchungen hatten gezeigt, dass die grünen Theile der Pflanzen Kohlensäure absorbiren und eine dieser entsprechende Menge Sauerstoff ausathmen<sup>(4)</sup>. Diesen Austausch der

(1) *Barometrie*, Agriculturbchemie Bd. III. S. 318.

(2) *Physiologie végétale*. T. III p. 101—148.

(3) Ueber die Ernährung der Pflanzen, aus dem Englischen von *Fischer*. 1798. S. 33.

(4) Man stützte darauf die Meinung, dass der atme-

Gas nannte man Athmung der Pflanzen, da man in diesen etwas den Thieren Analoges zu sehen glaubte (1).

Hier sah man die Gegentheil davon, was bei der Athmung der Thiere stattfindet, welche Sauerstoff aufnehmen, ihn mit dem Kohlenstoffe ihres Blutes zu Kohlensäure verbinden und diese durch ihre Respirationsorgane ausstossen. Diese entgegengesetzte Wirkung von scheinbar gleichen Processen war auffallend. Der Gedanke war nahe da, dass die Pflanzen bestimmt seien die Reinheit der Atmosphäre zu erhalten; und da man sah, dass der Gehalt der Luft an Sauerstoff und Stickstoff immer derselbe (2), der an Kohlensäure aber

längste Sauerstoff von der zersetzten Kohlensäure herrihre. Die Beobachtungen von Saussure (Chemische Untersuchungen, deutsch von Forst, S. 36 ff.) zeigen aber deutlich, dass die Menge der aufgenommenen Kohlensäure grösser ist, als die des ausgeschiedenen Sauerstoffes. Nach ihm gaben:

<i>Lythrum Salicaria</i> für 7.5 Cub. Zoll CO <sub>2</sub>	—	6.1 Cub. Z. O.
<i>Hepta aquatica</i>	12.5	12.5
<i>Vicia major</i>	21.5	14.75.

Die Kraft, mit welcher Kohlenstoff und Sauerstoff in der Kohlensäure verbunden sind, lässt eher vermuthen, dass der freierwerdende Sauerstoff von zersetztem Wasser herrihre.

(1) *Schöten* in seiner *Botanik* (Historiologische Einleitung und noch mehr bei der Erklärung der Ernährung- und Fortpflanzungsprocessen) rügt viele solche Analogien und Gegensätze zwischen beiden separaten Reichen.

(2) Die Untersuchungen von *Humboldt*, *Gay-Lussac*,

wenig veränderlich ist, so fühlte man sich zum Schlusse berechtigt, dass beide organische Reiche einander gegenüber stehen und durch ihre entgegengesetzten Wirkungen auf die Atmosphäre ihre Existenz wechselseitig unterstützen (1).

In der spätern Zeit war man mit diesem erfreulichen Gedanken nicht zufrieden, oder man wollte vielmehr ihn durch unmittelbare Beobachtungen beweisen. Alle Beobachtungen, die in dieser Beziehung von vielen Naturforschern angestellt (2) wurden, ergaben, dass bei längerer Vegetation in eingeschlossener Luft die Pflanzen die Beschaffenheit derselben nicht verändern, sondern soviel Kohlensäure in der Nacht aushauchen als sie am Tage wieder aufnehmen. Schiefen (3) zieht daraus den ganz richtigen Schluss, dass die Pflanzen sich nicht auf Kosten der Kohlensäure der Atmosphäre durch die grünen Theile nähren (4);

*Théodore de Saussure, Coupûrâch, Seguin, Daug -- in Mûller's Phys. Chem. S. 115 ff.*

(1) *Mûller, Versuch einer allgemeinen Physiologischen Chemie. S. 113.*

(2) *Wasshause in Gilbert's Annalen. 1804. XIV. S. 351.*

*Théodore de Saussure u. s. O. S. 38. Livk, Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. S. 283.*

*Grisebach, Physikisch-chemische Untersuchungen über die Athmung der Gewächse: S. 121.*

(3) *Grundlege der wissenschaftlichen Botanik. Bd. II. S. 182.*

(4) *Dieses lässt sich nicht unbedingt von allen Pflanzen*

und fügt noch hinzu, dass hier noch viele Versuche gemacht und der Antheil der Wurzeln an der Ernährung der Pflanzen genau ermittelt werden müsse. Frühere Physiologen aber, welche es gesehen haben, dass die gefärbten Pflanzentheile (Blüthen, Rinde etc.) auch beim Lichte Kohlensäure ausathmen, dass die reif gewordenen Pflanzen nach Verwesung streben und dabei Kohlensäure erzeugen, haben die Meinung ausgesprochen, dass sich aus allen diesen verschiedenen Wirkungen der Pflanzen ergebe, dass das Pflanzenreich in der Gesamtheit ihrer Wirkungen nicht im Stande sei den Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure zu verändern (1).

In der Weise, wie sie diese Gesamtheit der Wirkungen sich dachten, war der Schluss vollkommen richtig: Jede Pflanze wächst aus einem kleinen Samenkorne auf Kosten der Umgebung; sie nimmt Nahrungsstoffe auf und lagert sie in ihrem Organismus ab; nach und nach vermindert

---

behaupten, weil uns schon die Orchideen und Cacteen (bei welchen die Thätigkeit der Wurzeln verhältnissmäßig gering ist) das Gegentheil beweisen. Es fehlen hier noch Untersuchungen über sehr viele Pflanzenfamilien und noch mehr Pflanzengattungen. Ausland 3. October 1842. S. 274.

(1) De Candolle, Botanik, übersetzt von Hrn. Prof. Alex. von Bunge. 1838. Bd. 1. S. 181.

J. Sviatobol, Teorija žizni organičeskih. T. 1. S. 100.

sich ihrer Lebensfähigkeit, sie nimmt immer weniger auf und geht immer mehr ab; endlich stirbt sie, verwest und gibt die früher aufgenommenen Stoffe an die Quellen derselben (Boden und Atmosphäre) zurück. Auf diese Weise urtheilend, ist es also wahr, dass die Pflanzen nicht im Stande sind auf den Zustand der Atmosphäre einzuwirken<sup>(1)</sup>. Hier handelt es sich ja aber nicht um die Einwirkung der Pflanzen auf die Atmosphäre vom Anfange ihres Lebens bis zu ihrer gänzlichen Verwesung, sondern um die Gesamtwirkung derselben in einer bestimmten Zeitperiode. Nicht alle Pflanzen sterben ruhig und verlassen ungestört, sondern viele dienen den Menschen und Thieren zur Nahrung, viele andere werden verbrannt, und indem viele vegetabilische Substanzen im Boden verwezen, bieten sie Nahrung den darin wachsenden Pflanzen. Wir müssen alle diese Umstände berücksichtigen, wenn wir den Einfluss der Pflanzen auf die Atmosphäre richtig auffassen wollen.

Unter den neueren Schriftstellern war *Lébéty*

---

(1) Genau genommen ist dem nicht so, weil die Pflanze gewöhnlich mehr als einen Saamen (oder Spore) gibt und bei ihrer Verwesung verflüchtigen sich nicht alle Theile gleich rasch. Derflanzus bleibt anwesend sehr lange im Boden ohne sich zu zersetzen; von der Luft ausgeschlossen verrotzt er sich langsam; die Pflanzen geben also an die Atmosphäre weniger zurück als sie davon genommen.

der erste, der diese Frage wieder ans Licht brachte und die Meinung aussprach, dass die Pflanzen das wieder gut machen, was die Thiere durch Athmung an der Atmosphäre verderben<sup>(1)</sup>. Unter vielen Schriften, die sein Werk ins Leben gerufen, will ich zweier, vom Hrn. Prof. *Möbius* verfasster erwähnen<sup>(2)</sup>; in beiden suchte der Verfasser die Ansicht *Liebig's* durch Berechnungen anzustossen, die uns klar zeigen sollten, dass die durch den Athmungsprozess allein jährlich erzeugte Kohlensäure zehnmal so viel beträgt, als die üppigste Vegetation in dieser Zeit zu assimiliren vermag<sup>(3)</sup>. Ich will mich nicht weiter mit diesen ganz willkürlichen Berechnungen beschäftigen und bemerke nur, dass alle solche Berechnungen zu keinem sichern Resultate führen, weil es durchaus unmöglich ist nur unähernd genaue Data zu haben.

Viele der neuesten Schriftsteller haben sich mit Beantwortung dieser Frage beschäftigt, unter welchen *Möbius* einer der ausgezeichnetesten ist. Er sagt: „Es gibt zwei grosse störende Ursachen, welche unaufhörlich darauf ausgehen den Sauerstoffgehalt der Atmosphäre zu vermindern: nämlich die Respiration der Thiere und die Verbrennung.

(1) *Liebig*, Org. Chem. etc. S. 22.

(2) Beleuchtung von *Liebig's* organischer Chemie und Beantwortung der wichtigsten Fragen des Ackerbaus. 1842.

(3) *Möbius*, Die Ernährung der Pflanzen. S. 12 f.

Diesen beiden Ursachen steht eine andere gegenüber, welche das Gleichgewicht, wenn es aufgehoben würde, wieder herstellen kann: nämlich die Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen und die Sauerstoffausscheidung an ihren grünen Theilen<sup>(1)</sup>. . . . Es ist unläugbar, dass die Pflanzen die von den Thieren und bei der Verbrennung in die Atmosphäre entwickelte Kohlensäure zersetzen<sup>(2)</sup>. Sie zersetzen so viel Kohlensäure, wie ihnen dargeboten wird und scheiden dafür Sauerstoff aus: mehr können sie nicht zersetzen. Von der Menge der Kohlensäure in der Atmosphäre hängt also die Vegetation, die Zahl der Pflanzen ab; umgekehrt von der Zahl der Pflanzen die Sauerstoffmenge, welche aus zersetzter Kohlensäure frei wird und somit auch das Leben der Thiere.“

Das Gleichgewicht in der Zusammensetzung der Atmosphäre ist nach ihm dadurch festgestellt, dass bei der Vermehrung der Kohlensäure in der Atmosphäre auch die Vegetation zunimmt, welche die überflüssige Kohlensäure wieder zersetzt. Diese

(1) *Müller* S. 132.

(2) Dies kann nicht unbedingt behauptet werden. Obgleich die indifferenten Pflanzengebilde aus Kohlenstoffhydraten bestehen, so sind doch keine Versuche vorhanden, welche beweisen könnten, dass die Pflanzen Kohlensäure unmittelbar in ihre Elemente zerlegen, und viele Schriftsteller (*Schleiden* z. B.) sind der Ansicht, dass die Pflanzen nur Wasser zersetzen, Sauerstoff entlassen und Wasserstoff mit Kohlensäure verbinden.

Ansicht, obwohl höchst wahrscheinlich, ist dennoch nur eine Hypothese: es stehen uns keine Beweise zu Gebote, dass die Vegetation in demselben Verhältnisse steige, in welchem der Kohlenstoffgehalt der Atmosphäre sich vergrössert, und dass sie immer im Stande sei die Reinheit der atmosphärischen Luft zu erhalten. Es sind hier so viele Umstände zu berücksichtigen (von denen wir einige später betrachten werden), dass es auf dem Wege der Erfahrung beinahe unmöglich ist einer von den verschiedenen Ansichten über diesen Gegenstand den Vorzug zu gewähren. Wir müssen zur Erläuterung desselben immer neue Fragen aufstellen, von deren Beantwortung die aller früher gemachten abhängt.

Um zu entscheiden, ob die Pflanzen im Stande sind die Atmosphäre von der zu grossen Menge Kohlenstoff zu befreien und sie dafür mit Sauerstoff zu versorgen, müssen wir die Entstehung von Kohlenstoff näher betrachten. Der leichteren Uebersicht wegen theilen wir alle Prozesse, bei welchen Kohlenstoff entwickelt wird, in drei Gruppen: Athmungsprocess, Gährungsprocess, Verbrennungsprocess, und fangen mit dem ersten an.

#### §. 1.

Antheil des Athmungsprocesses an der Erzeugung von Kohlenstoff.

Der Mangel an erforderlichen Daten, die Un-

möglichkeit sogar dieselben in genügender Menge zu haben, erlaubt uns nicht die Quantität der jährlich ausgeathmet werdenden Kohlensäure anzugeben. Wir können dies aber füglich entbehren, wenn wir die Quelle ermitteln, woraus diese Kohlensäure geschöpft wird, ehe sie in die Atmosphäre gelangt.

Der Athmungsprocess besteht bekanntermassen in der Oxydation des überflüssigen Kohlenstoffs im Blute und Absonderung desselben nach aussen in Form von Kohlensäure. Auf welche Weise dies geschieht? Ob wir etwas von der eingeathmeten Luft in unsern Organismus einführen oder nicht? darüber sind verschiedene Ansichten vorhanden. Das ist aber für unsern Gegenstand ganz gleich. Es genügt uns zu wissen, dass die Thiere den Sauerstoff der Atmosphäre mit dem Kohlenstoffe ihres Blutes verbinden und die dadurch gebildete Kohlensäure ausathmen. Diese Thatsache giebt uns Antwort auf unsere Frage: Kohlenstoff des Blutes ist die nächste Quelle der ausgeathmeten Kohlensäure.

Die zweite Frage kommt unmittelbar darauf: woher stammt dieser Kohlenstoff?

Die Naturgeschichte des ganzen Thierreichs setzt uns ausser Zweifel, dass der thierische Organismus nicht im Stande ist irgend einen der sogenannten einfachen Körper zu erzeugen, sondern

das diese allein, oder mit einander verbunden, in der Nahrung erst aufgenommen, später, je nach der Natur des Thieres zu verschiedenen Zwecken verwendet werden. Die Thiere also haben ihren Kohlenstoff erst in der Nahrung zu sich genommen, bevor sie ihn durch Athmungsprocess in Kohlensäure verwandeln und als solche an die Atmosphäre abgeben: Thierische Nahrung ist also die zweite (entferntere) Quelle der ausgeathmeten Kohlensäure.

Gehen wir denselben Weg, der uns dem Ziele immer näher bringt, weiter, so bleibt uns die thierische Nahrung zu betrachten und in dieser die Quelle des Kohlenstoffs zu ermitteln übrig. Damit uns die Beleuchtung dieses Gegenstandes möglichst gelänge, wollen wir die einzelnen Gruppen (was ihre Nahrung betrifft) näher ins Auge fassen. Wir fangen mit den Säugethieren an.

### **I. Säugethiere.**

Wir können diese, je nach ihrer Nahrung in drei Gruppen theilen: in die Herbivoren, Carnivoren und Omnivoren, zu welchen letzteren auch der Mensch gehört.

Die menschliche Nahrung besteht, bei ganz rohen Völkern in erlegtem Wilde, Baumfrüchten und Pflanzen; bei Nomaden in Milch und Fleisch der Hausthiere; bei den in organisirten Gesellschaften lebenden Menschen in den Producten des Feldbaues und der Viehzucht, des Baumfrüchten

und dem Wilde. Die anderen Arten der Nahrung (z. B. die Producte der Gewässer) lassen wir zuerst unberücksichtigt, da sie gewiss nur den geringsten Theil derselben ausmachen und wir werden später davon reden. Es besteht also die menschliche Nahrung hauptsächlich in Pflanzen und pflanzenfressenden Thieren; und da der Körper der letztern nur aus dem Ueberschusse der Nahrung über deren verschiedene Ausscheidungen entstand; so stammt die menschliche Nahrung vom Pflanzenreiche her. Diese Nahrung braucht der Mensch in seiner ersten Lebensperiode zur Bildung seines Körpers und später (in der Jugend) zum Theil zur Entwicklung desselben, zum Theil aber zum Ersetzen der durch Athmung und andere Prozesse ausgeschleuderten Substanzen. Im vollen Mannesalter ist die Quantität der in den Körper aufgenommenen Substanzen der Menge der aus demselben ausgeschleuderten völlig gleich (im normalen Zustande nämlich); im hohen Alter übertrifft die Menge der ausgeschleuderten Stoffe die der aufgenommenen. Im Durchschnitt scheint also die Menge verschiedener Excretionen mit der der Nahrung überein (1). Der verhältnismässig sehr geringe Ueberschuss der letztern, den wir ins Grab nehmen, gehört nicht hieher: wir werden seiner beim Gährungsprocesse erwähnen. Auf dem Wege des Ath-

(1) Ich rechne hier als Nahrung alles an, was nur zur Erhaltung der organischen Wesen im Leben unumgänglich nöthwendig ist und was daher in den Organismus aufgenommen werden muss, also: Luft, Wasser und die eigentlichen organischen Nährstoffe.

mungsprocesses wird circa die Hälfte der Nahrung ausgeschieden (1); wir sehen also, dass der Mensch in allen seinen organischen Processen nicht mehr Kohlensäure erzeugen kann, als ihm die Pflanzen Kohlenstoff dazu geboten haben; durch Athmung allein verwandelt er davon weit weniger in Kohlensäure als er aufgenommen hatte. In den Pflanzen müssen wir also die Quelle der durch die Menschen ausgeathmeten Kohlensäure suchen. Bleiben wir zunächst dabei stehen und wenden uns zu den anderen Thiergruppen, um bei ihnen den Ursprung des Kohlenstoffs nachzuweisen. — Die pflanzenfressenden Thiere verbrauchen zu verschiedenen Zwecken nur die vorher in den Pflanzen befindlichen Stoffe; sie nehmen also auch ihren Kohlenstoff von den Pflanzen her. Die Fleischfressenden Thiere erzeugen ihre ausgeathmete Kohlensäure aus dem Kohlenstoff, welcher im Körper der ihnen zur Nahrung dienenden Thiere abgelagert wurde. Sind diese Säugethiere, so stammt ihr Kohlenstoff, wie es bei der menschlichen Nahrung gesagt wurde, ursprünglich von den Pflanzen her; sie verarbeiten nur den Kohlenstoff zur Kohlensäure, welcher früher in den Pflanzen fixirt wurde. Ein anderer Theil ihrer Nahrung besteht aber in

---

(1) Nach *Blaschowitz* (in *Sprengel's Düngelehre* S. 142) frisst ein erwachsener Mensch durchschnittlich täglich 6 Pfund feste und flüssige Nahrungsmittel und lässt täglich 10 Loth flüssige Excremente, so dass gerade 2 Pfund 2½ Loth von den Stoffen der Nahrung durch die Haut ausgeschiedet und mittelst der Lungen ausgeathmet werden. Fast aller in diesem befindliche Kohlenstoff nimmt aber seinen Weg durch die Lungen.

den Thieren anderer Classen; also auch ein Theil ihres Kohlenstoffs rührt von den Körpern dieser letztern her. Wir müssen also die Quelle desselben in diesen Thieren angeben.

### 2. Vögel.

Es giebt keine Ausnahme von der allgemeinen Regel, dass nämlich die Thiere kein Element zu erzeugen im Stande sind: der Kohlenstoff im Körper der Vögel ist kein Product ihres Organismus, sondern gelangt mit der Nahrung in diesen, wird zum Theil ausgeschieden, zum Theil (während der Zeit ihres Wachstums) fixirt. Diese fixirte Menge Kohlenstoff unterliegt nach ihrem Tode entweder dem Gährungsprocesse oder geht in den Körper anderer Thiere über, denen die Vögel zur Nahrung dienen. Wo nehmen aber die Vögel ihren Kohlenstoff her? Entweder aus den Pflanzen, wenn ihre Nahrung vegetabilisch war, oder aus den Körpern der Thiere, die ihre Beute wurden. Waren es die schon genannten Thiere, so stammt ihr Kohlenstoff aus dem Pflanzenreiche; der andere Theil der Nahrung der Raubvögel, welcher in den Thieren folgender Classen besteht, ist nur der durch den Organismus dieser Letzteren gelegte Vorrath, den wir gleich näher betrachten werden.

### 3. Amphibien.

Bei diesen müssen wir, ebenso wie bei den früher erwähnten Thieren, auf zwei Gegenstände unser Augenmerk richten: auf den Vorrath an Kohlenstoff in ihren Körpern, welcher von andern Thieren verbraucht und zum Theil ausgeathmet wird und auf ihren Athmungsprocess.

Die meisten unter ihnen bekommen ihre Nahrung aus dem Thierreiche: andere Amphibien, Fische und Insecten, lebendig oder todt, werden ihre Beute. Lassen wir diejenigen von ihnen bei Seite, die sich von Pflanzen, Säugethiereu und Vögeln ernähren, oder berücksichtigen wir diesen Theil der ausgeathmeten Kohlensäure, deren Kohlenstoff aus der zuletzt genannten Nahrung genommen wurde, nicht (weil er von den Pflanzen her stammt); betrachten wir auch nicht den Kohlenstoff ihres Körpers, welcher denselben Ursprung hat und in die anderen Thiere als Nahrung übergeht, so bleibt uns nur der Kohlenstoff zu betrachten übrig, der sich in Insecten, Würmern, Arschaliden und Wasserbewohnern befand und in die früher genannten Thierclassen übergieng und von ihnen zu verschiedenen Zwecken verwendet wurde.

4. Insecten<sup>(1)</sup> mit vollkommener Metamorphose haben drei Perioden in ihrem Leben, in welchen sie ganz verschiedene Körperformen und auch eine ganz verschiedene Lebensart uns zeigen. Aus ihren Eiern kriechen sie als Larven, Raupen oder Maden heraus und nähren sich hauptsächlich von Pflanzensubstanzen (sehr viele leben als Parasiten im thierischen Körper), andere wieder erwachen zum Leben in thierischen Abfällen u. s. v. In der zweiten Periode als Puppen brauchen sie gar keine Nahrung; in ihrer vollen Entwicklung nähren sie sich von Pflanzensubstanzen (Schmetterlinge, Nachtfalter, Bienen, manche Käfer etc.) die anderen als

(1) Wiegmann und Kutze, Zoologie S. 299—305.

Fliegen, Mücken u. s. w. theils von vegetabilischen, theils von thierischen Stoffen. Die mit unvollkommener Verdaulichkeit sind in ihrer Nahrung von den vorigen auch nicht verschieden. Am meisten leben sie von Pflanzentheilen und Früchten, manche sind Schmarotzer nur Klaisge — Raubtiere. Es ist also auch bei Insekten und bei den von ihnen sich nährenden Thieren dieselbe Folgerung zu ziehen, dass ihr Kohlenstoff den Pflanzen und den zuzurechnenden Thierclassen angehört.

5. Von den Spinnenthiereu (Arachniden) ist dasselbe zu sagen. Sie leben von Raub, mit Ausnahme derer, die beständige Parasiten sind<sup>(1)</sup>. Der Kohlenstoff ihres Körpers, den sie in Kohlensäure verwandeln oder an die andern Thierclassen abgeben, wird der Nahrung entnommen und gehört ursprünglich den Pflanzen oder den folgenden Thieren an.

#### 7. Würmer.

Diejenigen unter ihnen, welche im Leibe anderer Thiere leben (Blauswürmer) sind unvollkommener ausgebildet und bei allen fehlen die Respirationsorgane gänzlich. Ob bei ihnen die ganze Haut die Stelle der Respirationsorgane vertritt, oder ob sie gar nicht athmen, d. h. ob sie Kohlensäure erzeugen oder nicht, ist unbekannt.

Aber auch im ersten Falle würde die gebildete Kohlensäure nicht ihnen, sondern den Thieren, in welchen sie leben, zur Last fallen: weil sie sich mit den Säften der Thiere oder mit der von diesen aufgenommenen Nahrung ernähren und so-

(1) Darmäder. Bd. II. S. 575.

mit als integrirender Theil derselben betrachtet werden müssen; und weil die von ihnen erzeugte Kohlensäure nicht von der durch die erwähnten Thiere erzeugten gesondert und unterschieden werden kann. Andere Familien (Saugwürmer, Bandwürmer), unter denen nur wenige Parasiten sind<sup>(1)</sup>, haben meistens Respirationsorgane, und erzeugen Kohlensäure aus dem in ihrer Nahrung vorhandengewesenen Kohlenstoffe. Diese Nahrung aber in Betracht ziehend, muss man über den Ursprung ihres Kohlenstoffs dasselbe bemerken, was wir bei den anderen Thierclassen gesehen haben.

Fassen wir das bisher Gesagte zusammen, so folgt daraus, dass alle luftathmenden Thiere die bei ihrem Athmen entweichende Kohlensäure nur aus dem in ihrer Nahrung befindlichen Kohlenstoffe und aus dem Sauerstoffe der Luft bilden; dass sie diese Nahrung mittelbar oder unmittelbar von den Pflanzen und Wasserpflanzen hernehmen, und, dass wir also von ihrem Antheile an der producirten Kohlensäure nicht früher sprechen dürfen, als wenn wir die Quelle des Kohlenstoffs in Jenen ermittelt haben.

### 8. Wasserbewohner.

Unter diesem Namen verstehe ich alle Thiere, die beständig im Wasser leben und mit ihrem Kiemcn die im Wasser aufgelöste Luft einathmen. Ich will sie alle, ohne Rücksicht auf ihre verschiedene Natur zu nehmen, zusammenfassen: weil sie

(1) *Strongylus Gigas* im Nieren der Menschen, *Flaria medinensis* im Zellgewebe derselben. *Burmeister*, Bd. II. S. 535.

mit ihrem Medium eine besondere Welt darstellen, die uns nicht so genau bekannt ist, wie die unsrige. Das, was wir von den Wassergeschöpfen wissen, ist bei weitem nicht so viel, als unsere Kenntnisse der Landthiere beträgt. Es können hier mehr Vermuthungen und Analogieschlüsse, als Thatsachen geboten werden; ich glaube jedoch, dass auch dies für die Betrachtung unseres Gegenstandes genügen kann.

Bei der Betrachtung der Wasserthiere stellt sich uns zuerst die Frage vor, ob diese Wasserwelt in der That so ganz für sich und von der andern unabhängig steht? ob sie diese ganz entbehren kann? Im ersten Augenblicke würden wir allerdings geneigt sein ja zu sagen. Die Wasserbewohner haben eine ganz andere Natur als die Landthiere, das Medium, worin sie leben, bietet ihnen alles, was sie brauchen dar: Luft und Nahrung; sie stehen also ganz für sich da. Wenn wir aber bedenken, welche eine unendliche Menge Wasser unsere Flüsse dem Meere zuführen, das mit organischen Stoffen und Körpern geschwängert ist und das später im Regen und in anderer Gestalt nur mit wenig Kohlensäure und Spuren von andern Gasen (die zum größten Theil vom Boden herühren) zur Erde zurückkommt (1); so müssen wir

(1) H. Prof. Köstz. führt in seiner Meteorologie Bd. I. S. 26 u. ff. viele Analysen des Regenwassers an; eine der ausführlichsten von Brandes zeigt mehrere organische und anorganische Bestandtheile in demselben; sie alle betragen aber kaum einige Milliontheile des Regenwassergewichts, können also in keinen Vergleich mit der Menge verschiedener Substanzen, welche die Landgewässer begleiten.

auf den Gedanken kommen, dass diese organischen Theile der Landgewässer einem Theil der Wasserthiere zur Nahrung dienen und von ihnen zum Theil in Kohlensäure verwandelt werden, welche zuerst in ihr Medium und dann in die Atmosphäre übergeht, zum Theil, im Körper derselben abgelagert, den Landthieren zur Nahrung dienen. Die Untersuchungen, die über die Wasserthiere gemacht sind, bestätigen diesen Gedanken. Ich kann nicht umhin hier die Ansicht von Moller über dieses Verhältniss der Wasser- zu der Landwelt anzuführen. Er sagt: „Bei der steten Verdunstung von fast reinem Wasser aus dem Ocean, bei dem der Fäulnis entgegenwirkendes Vermögen der im Meerwasser aufgelösten Salze, und bei der unabhörlichen Zufuhr organischer Stoffe aus den Flüssen, muss die Menge des organischen Stoffe der Ackererde abnehmen, die Nahrung für die im Ocean lebenden organisirten Wesen und folglich auch die Zahl der letzteren zunehmen“<sup>(1)</sup>. Behält das feste Land von dem Wasser nicht mehr zurück als das, was sich im Regenwasser befindet, so würde dieser Schluss ganz richtig sein. Wir wissen aber, dass die Menschen allein eine grosse Menge Wassergeschöpfe als Nahrung gelessen, dass eine Menge von Meerpflanzen auf die Küsten ausgeworfen wird, dass sehr viele Vögel und andere Landthiere sich von Wasserthieren ernähren, und diese Nahrung kommt in verschiedenen Gestalten dem festen Lande zu Gute. Es ist also dieses stete Vermindern der organischen Stoffe des Bodens

(1) Moller, Versuch etc. S. 144.

sehr zweifelhaft und um so mehr, da aus nichts über die Verminderung der Anzahl der organisirten Wesen auf dem festen Lande Auskunft giebt, die doch bei einem solchen schädlichen Eingreifen der Wasserwelt fühlbar werden müsste. Sind wilde Thiere seltener geworden, so hat sich dagegen die Anzahl der Menschen bedeutend vergrössert; sind viele Wälder ausgerottet worden, so wissen wir auch, dass an ihrer Stelle nützliche Pflanzen gekaut werden, dass gewaltige Strecken früher unter Wasser gelegenen Landes von diesem befreit und kultivirt worden; und da mit der Vervollkommenung der Pflanzenkultur eine grössere Menge Vegetabilien von einer Bodenfäule gewonnen werden kann, als wenn diese unbebauet liegt (1); so sind wir eher zum Schlusse berechtigt, dass sich die Masse der Pflanzennahrung (und folglich auch der thierischen) vermehrt hat. Wird je ein solcher Zustand vorkommen, dass die Menschen alle andern Thiere (vielleicht selbst die Hausthiere) von der Erde verdrängen und Fische und andere Wassergeschöpfe die einzige Fleischnahrung für dieselben sein werden: so kann eher vermuthet werden, dass sich die Anzahl der im Wasser, und nicht die der auf dem festen Lande lebenden Thiere vermehren wird.

Ich hätte meinen Leser um Verzeihung für diese Entfernung von unserem Gegenstande: wir kommen jetzt zu demselben zurück.

(1) Vergleichen wir eine Mahiarnte auf dem sandigen Boden mit der dürrigen Vegetation desselben im unbebauten Zustande, so wird dieser Unterschied auffallend erscheinen.

Betrachten wir zunächst die Lebensart der Infusorien, welche obgleich die kleinsten, dennoch in ihrer Gesamtheit vielleicht die grösste Menge thierischer Gebilde ausmachen, so sehen wir, dass ihre Nahrung in organischen Ueberresten besteht. Besitzen diese auch keine Spur von Organisation, so zeigt doch ihre chemische Zusammensetzung unzweifelhaft, dass sie der organischen Natur angehören. Diese organische Nahrung der Infusorien, bevor sie ihre letzte Form angenommen, musste früher in den Organismen lebender Wesen (Pflanzen und Thiere) vorkommen. Im letztern Falle konnte sie entweder von andern Wasserthieren oder von den früher genannten herrühren: sie entstand also jedenfalls aus dem durch die Pflanzen oder Wasserthiere gelegten Vorrathe, und wird, wie bei jedem Thiere, zum Theil ausgeathmet (wenn die Infusorien überhaupt des Athmungsprocess besitzen) und abgeschieden, zum Theil fixirt. Dieser fixirte Theil der Infusorienahrung geht als Nahrung in andere Wasserthiere (Polypen, Crustaceen u. s. w.) über.

Ich muss hier eine Beobachtung über die Natur der Infusorien anführen, die ihren Eigenschaften beilegt, welche denen anderer Thiere gerade entgegengesetzt sind. Nach MORREN<sup>(1)</sup> giebt es Infusorien, welche beim Sonnenlichte Kohlensäure zersetzen und Sauerstoff ausscheiden. Er untersuchte die im Infusorien enthaltenden Wasser eingeschlossene Luft und fand in derselben 61%

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*. Avril 1841. und *Bibliothèque universelle*. Nov. 1841. p. 386.

Sauerstoff. Diese Thiere waren *Euchelya moussonia virescens* von Hory de St. Vincent mit Müller's *Euchelys polycaulus viridis* vermischt, welche dem blossen Auge als eine grüne Materie sich zeigten. Andere rothe mikroskopische Thiere (Klarenberg's *Trachelomonas volvocina*) entwickelten auch Sauerstoff, dessen Maximum 47 Procente der Luft betrug. Vorausgesetzt, dass hier kein Beobachtungsfehler Statt fand, so stammt der Kohlenstoff im Körper einiger Infusorien, ausser von den Pflanzen, noch unmittelbar aus der Atmosphäre und sie tragen nicht allein zur Verunreinigung derselben nichts bei, sondern befreien diese von einer Menge ihrer Kohlensäure. Wenn dieser von Infusorien ausgeschiedene Sauerstoff auch von Zersetzung des Wassers und nicht der Kohlensäure herrühren sollte, so ist doch schon diese Erscheinung ein Beweis, dass sie die Atmosphäre nicht verunreinigen.

Die anderen Wasserbewohner, welche sich von Infusorien ernähren, verbrauchen nur das Ueberbleibsel von deren Nahrung, nämlich den fixirten Theil derselben und verwenden ihn wieder Theils zur Fixirung in ihrem Leibe, Theils zum Athmen und zu andern Excretionen. So wiederholt sich überall derselbe Gang auch bei andern Wasserthieren. Alle bekommen zu ihrer Nahrung den durch andere Wesen gelegten Vorrath; alle verwenden ihn zum Theil zum Athmen und zu andern Processen, zum Theil zur Bildung ihres Körpers, das heisst, zur Anlegung eines neuen Vorraths, dem dasselbe Schicksal bevorsteht. Der ursprüng-

liche Vorrath stammt aber sichtbar von den Pflanzen her, welche auf dem festen Lande und im Wasser leben (und zum Theil unmittelbar aus der Atmosphäre). Verwest oder organisiert dienen diese als Nahrung für Thiere und werden später in mehrmal erwähnten Processen zu immer neuen Gebilden verwendet, bis sie endlich in die anorganische Natur gelangen.

Nachdem wir die verschiedene Klassen des Thierreichs, obwol flüchtig überblickt haben, sind wir in Beleuchtung unseres Gegenstandes einen Schritt weiter gelangt, wir sind nämlich zu dem Resultate gekommen: Die Quelle des von den Thieren als Kohlensäure ausgeathmeten Kohlenstoffs ist in den Pflanzen und in den erwähnten Infusorien zu suchen (1).

Diese letztere brauchen wir nicht zu beachten, weil ihr Kohlenstoff aus der Zersetzung der atmosphärischen Kohlensäure entstanden ist und die andern Thiere, welche ihn wieder in Kohlensäure verwandeln, nur der Atmosphäre das ihr früher Entzogene zurückgeben. Das kann also den Kohlenstoffgehalt derselben nicht vermehren.

Bevor wir die Quelle des Kohlenstoffs in den Pflanzen ermittelt, blickt uns übrig die Quelle der Kohlensäure nachzuweisen, welche sich bei andern Processen entwickelt. —

---

(1) Vorausgesetzt nämlich, dass diese Infusorien Kohlensäure erzeugen.

## Der Gährungs- und Verbrennungsprocess.

1. Dem Gährungsprocess gehören alle Veränderungen an, welche in organischen Substanzen vorgehen, wenn diese, nachdem sie zu Leben aufgehört, dem Einfluss der Luft, Feuchtigkeit und Wärme ausgesetzt werden. Unter diesen Veränderungen ist für unsern Gegenstand die Bildung der Kohlensäure aus dem Kohlenstoffe der Substanzen und dem Sauerstoffe der Luft von Bedeutung.

*Milch* giebt die Menge der dadurch jährlich erzeugt werdenden Kohlensäure auf  $\frac{1}{2}$  Billion 3183 Mill. Centner an, also etwa auf  $\frac{1}{2}$  der durch die Pflanzen assimilirbaren<sup>(1)</sup>. Wir beachten diese Berechnung nicht weiter, weil uns keine Mittel zu Gebote stehen sie umzuwerfen oder zu bestätigen und werden uns zur Ermittlung der Quelle, welcher der Kohlenstoff für die erzeugte Kohlensäure entnommen wurde.

Zu den gährenden Substanzen gehören: Leichen, thierische Abfälle und Excremente, gärende zuckerhaltige Substanzen, verweste Vegetabilien; selbst das Keimen und Reifen derselben und das Anschauen der Kohlensäure durch die gefärbten Pflanzentheile fortwährend und durch die grünen während der Nacht kann hierzu gerechnet werden; obwol diese letztere Kohlensäure nur die Rückgabe der am Tage eingesogenen ist und also zur Verunreinigung der Atmosphäre nichts beiträgt. Alle

(1) *Milch*, Beleuchtung etc. S. 106 ff.

diese Substanzen, die unmittelbar von den Pflanzen herrühren, verdanken ihren Kohlenstoff den Pflanzen. Die thierischen Ueberreste und Excretionen verarbeiten nur denjenigen Kohlenstoff zur Kohlensäure, welcher vorher durch die Thiere nicht ausgestoßen wurde und da dieser mit der Nahrung in ihren Körper gelangte, die letztere aber ursprünglich von dem Pflanzenreiche entnommen ist, so stammt auch der Kohlenstoff der gährenden thierischen Substanzen von den Pflanzen her.

Wir sehen also, dass durch den Gährungsprozess nicht mehr Kohlensäure erzeugt werden kann, als die Pflanzen Kohlenstoff dazu vorbereitet haben: die Pflanzen sind die Quelle der durch die Gährung erzeugten Kohlensäure.

2. Durch Verbrennung organischer Körper verwechselt wir den Kohlenstoff, welcher früher in Pflanzen oder Thieren vorhanden war, in Kohlensäure (¹). Selbst, wenn wir Torf, Stein- oder Braunkohlen aus dem Schoosse der Erde ziehen und verbrennen, verbrauchen wir nur den früher durch Pflanzen gelegten Vorrath an Kohlenstoff. Anders verhält es sich aber, wenn wir kohlenstoffhaltige Mineralien durch Hitze oder chemische Mittel ihrer Kohlensäure berauben. Ist es auch behauptet worden, dass aller kohlenstoffhaltige Kalk organischen Ursprungs sei, so kann das nur von einem Theile der auf der Erde befindlichen Kalkmasse mit Recht behauptet werden, denn es gibt sehr viele Kalk-

---

(¹) Die Menge der bei Verwesungsprozessen gebildeten Kohlensäure beläuft sich (gelegentlich gesagt) nach Blabel a. a. O. S. 194 f. auf 2 Bill. 3520 Millionen Centner.

und andere Kohlensäure haltige Felsen, deren Structur uns zeigt, dass sie älter sein müssen, als das organische Leben auf der Erde (<sup>1</sup>). Die dabei frei werdende Kohlensäure gehört nicht den Pflanzen an: die Quantität derselben ist aber, im Vergleich zu der ganzen Masse der jährlich sich entwickelnden, verschwindend klein; sie wird noch kleiner erscheinen, wenn wir gedenken, dass der Aetzkalk, wenn er nicht mit einer andern Säure neutralisirt wird, Kohlensäure aus der Atmosphäre wieder ansieht. Wir begen also keinen Fehler von Bedeutung, wenn wir auf diese mineralische Kohlensäure nicht weiter Rücksicht nehmen.

Wir werden noch Gelegenheit haben von der Rolle zu sprechen, die der Verbrennungsprozess bei der Bildung der Kohlensäure spielt; jetzt brauchen wir nur zu bemerken, dass die bei Verbrennungsprocessen erzeugte Kohlensäure ihren Kohlenstoff den Pflanzen verdankt.

Somit haben wir alle Prozesse überschauen, bei welchen Kohlensäure gebildet wird und sind zu dem Schlusse gelangt: die Hauptquelle der in die Atmosphäre entweichenden Kohlensäure ist der in den Pflanzen befindliche

(1) Leonhard, Populäre Geologie Bd. II. S. 251 sagt: „Sollte nicht ein grosser, vielleicht der grösste Theil des Kalkes ursprünglich aus den Erdtiefen abstammen? und wie solches auch in Hinsicht anderer platonischen Aufstellungen der Fall ist, keineswegs ununterbrochen, sondern in gewissen Zwischenräumen emporgepallen sein, bald in geringerer, bald in grösserer Menge, wodurch sich auch die Thatsache erklären würde, dass man die kalkigen Ablagerungen in diesen Perioden mehr, in jenen weniger entwickelt findet.“

Kohlenstoff. Wir können also zunächst sagen, dass es nicht die erwähnten Prozesse sind, welche die Atmosphäre verunreinigen, sondern die Pflanzen, weil diese ihnen den zur Kohlensäurebildung erforderlichen Kohlenstoff darbieten. Wir verlassen daher das bisherige Feld der Beobachtungen und wenden uns zur Beobachtung der zweiten Hälfte unserer Frage — zur Ermittlung der Quelle des Kohlenstoffs in den Pflanzen.

### §. 6.

## Ursprung des Kohlenstoffs in den Pflanzen.

Die Meinung, dass die Pflanzen irgend eines der chemischen Elemente zu erzeugen vermögen, ist schon längst widerlegt worden<sup>(1)</sup>; wir beschäftigen uns also nicht mehr mit derselben. Die Quelle des Kohlenstoffs in den Pflanzen bleibt wie bei den Thieren ihre Nahrung, die wir zum Gegenstande unserer nächstfolgenden Betrachtungen erwählen.

---

(1) Histoire de l'Académie des sciences de Paris, 1748, und Chaptal *Elément de chimie* 2. Edit. T. III. p. 23. — Und doch sagt Kröner in seiner *Bodenkunde* 1842, dass die Pflanzenphysiologen der Meinung seien, der Organismus oder die Lebenskraft der Pflanze könne die ihr eigenthümliche Materie, so verschieden sie auch sei, aus den einfachsten Mitteln: Luft und Wasser sich bereiten, und überhaupt aus Jeglichem Jegliches bilden. Mir ist kein neues Werk über die Pflanzenphysiologie bekannt, wo eine solche Meinung ausgesprochen wird.

Ähnliche Ansichten findet man auch in dem sonst schätzbaren Werke: *Bodenkunde* von Nees und in der *Varro's des Uebersetzers* desselben H. Moritz Berger.

Die Nahrung der Pflanzen, und die Art und Weise, auf welche sie diese in sich aufnehmen, waren und sind bis jetzt der Gegenstand sehr vieler wissenschaftlicher Streite. Alle diese verschiedenen Meinungen anzuführen und ihren Werth zu zeigen ist nicht der Zweck dieser Abhandlung; wir wollen nur einige davon heraussheben, die ihrer Zeit die herrschenden gewesen, um zu zeigen, in welcher Beziehung sie zu unserem Gegenstande stehen.

Eine der ältesten Ansichten war die, dass organische Ueberreste (von Thöer Humus genannt) und Wasser die einzige Nahrung der Pflanzen sind<sup>(1)</sup>. Diese Ansicht stimmt mit der Erfahrung der Landwirthe überein, die eine auffallende Wirkung des Düngers auf ihren Feldern alljährlich sehen konnten.

Später, nachdem man zur Erklärung vieler Geheimnisse der Natur die Chemie zu Rathe gezogen, hat man den Humus analysirt und in ihm verschiedene Säuren und Basen gefunden, und diese alle als Nahrung der Pflanzen betrachtet. Es waren aber schon damals viele Stimmen laut, welche als Nahrung der Pflanzen nur die vier sogenannten organischen Stoffe nannten. Unter den Anhängern dieser Ansicht war der seiner Zeit rühmlichst bekannte Professor der Chemie an der Universität zu Wina *Andreas Svanbecki*<sup>(2)</sup>.

Unter den neueren Schriftstellern war Dr. *Karl Sprengel* der erste, welcher in vielen Schrif-

---

(1) Thöer, Grundsätze der rationalen Landwirtschaft Bd. II. S. 137.

(2) Teorja jestestw organicznych 1811. T. I. §. 41—42.

ten<sup>(1)</sup> mit der Behauptung aufrat, dass alle diejenigen Stoffe (organische und anorganische), die man in der ausgebildeten Pflanze findet, auch zu ihrer Ernährung notwendig sind, was aber von vielen neuesten Schriftstellern, ja man kann sagen, fast von allen über die Pflanzenernährung Schreibenden geleugnet wurde<sup>(2)</sup>.

Der Streit gründet sich hier nur auf die Bedeutung, die man dem Worte Nahrung giebt. Hält man für diese alles, was die Pflanzen zu ihrem Leben brauchen, so sind anorganische Stoffe als Nahrung zu betrachten, weil wir noch keine Pflanze kennen, in deren Bestandtheilen sich nicht die erwähnten Stoffe vorfinden<sup>(3)</sup>, und noch weniger eine solche, die in einem aller mineralischen Bestandtheile ermangelnden Medium wachsen könnte<sup>(4)</sup>. Nennen wir aber Pflanzennahrung das,

---

(1) Journal für technische und chemische Chemie von Erdmann, Bd. III. pag. 42, 313, 497 und in mehreren folgenden Bänden und in sehr vielen Stellen seiner Lehr vom Dünger 1838.

(2) Schleiden, Grundlage der wissenschaftl. Botanik, Bd. I. S. 170 u. 246.

(3) Griseb., Beantwortung der wichtigsten Fragen de Ackerbaues, S. 35 u. 46.

(4) Schleiden u. a. O. Bd. II. S. 487.

(5) Mulder u. a. O. S. 402 ff. sagt zwar, dass gewisse Schimmelpflanzen, z. B. *Mycoderma vini*, bei Verbrennung keine Spur von Asche hinterlassen, und auch in dem Aufguss entstehen können, welche gar keine anorganische Stoffe enthalten; ist aber der Meinung, dass diese Stoffe zum Leben aller anderen Pflanzen notwendig sind, insofern nämlich, als sie sich mit den Pflanzengebilden chemisch verbinden.

was diese zur Bildung der Zellwänden verwenden, und sind die Analysen dieser letzteren richtig, so sind allerdings nur Sauer-, Wasser-, Kohlen- und Stickstoff die Nahrung der Pflanzen.

In neueren Zeiten und eigentlich mit *Liebig* (1) begann der Streit darüber, in welcher Gestalt die Pflanzen diese Nahrung aufnehmen und wo der Vorrath an dieser angelegt ist. Der genannte Chemiker leugnete es, dass die Humussäure als solche in die Pflanzen übergehen könne; er leugnete sogar die Existenz der humus-sauren Salze, die von *Sprengel* und seinen Nachfolgern für die Hauptnahrung der Pflanzen gehalten wurden und stellte ihnen die Meinung entgegen, dass die Kohlensäure allein die Quelle des Kohlenstoffs in den Pflanzen sei; dass der Humus nur als Magazin derselben angesehen werden müsse, und dass die Atmosphäre eine andere Quelle derselben ausmache (2). Wenn auch einige seiner Ansichten und Hypothesen sich als falsch erwiezen, so übte doch sein Werk eine auffallende Wirkung auf die Wissenschaft aus; es erweckte den leidenschaftlichsten Streit unter den Gelehrten, welcher die Wissenschaft immer mehr förderte. Dieser Streit ist noch bis jetzt nicht ganz beendigt worden; man war aber zur Ueberzeugung gelangt, dass ausser der Humussäure auch die Kohlensäure den Pflanzen zur Nahrung diene (3), als vor Kurzem Herr

(1) Organische Chemie in ihrer Anwendung auf die Agricultur und Physiologie, I. Aufl. 1810.

(2) *Liebig*, Chemie in ihrer Anwendung etc. 2. Ausg. Seite 16.

(3) Anleitung zum Studium der Botanik, bearbeitet

Professor Schulz die beiden Säuren von ihrem Thron zu stürzen suchte.

Er glaubt aus seinen vielfachen Versuchen folgern zu müssen, dass die einzige Quelle der Nahrung für die Pflanzen der Boden sei, und Kohlensäure und Ammoniak auch nicht mittelbar dazu beitragen<sup>(1)</sup>; dass die Pflanzen die ihnen dargebotenen Nahrungsstoffe niemals unverändert einsaugen, sondern diese immer schon vorher verändern<sup>(2)</sup>. Nämlich der Humus soll, nach ihm, in Folge der eigenthümlichen Wurzelabscheidung erst in Gummil und dieses in Milchsäure, Essigsäure, Weinstein- und Gallussäure verändert werden; die genannten Säuren (und nicht Kohlen- oder Humussäure), ebensowol auch die minerali-

---

nach De Candolle von Herrn Prof. Alex. von Hunge, 1844, S. 101.

Ich muss bemerken, dass ich diese Ueberzeugung nur insofern als Folge dieses Streites betrachte, weil sie durch ihn allgemein geworden. Schon früher behauptete Thier (Rat. Landw. Bd. II. von Humus) auf *Neumann's* Untersuchungen sich stützend, dass nicht dem Extractivstoff auch die Kohlensäure als Pflanzennahrung zu betrachten ist.

(1) Schulz, die Entdeckung der wahren Pflanzennahrung, S. 76 u. 33.

(2) Herr Prof. Meissner in seiner gegen *Liebig* gerichteten Schrift (*Justus Liebig etc. analysirt* von P. T. Meissner 1834) sagt (S. 48): „man weiß, dass die Auflösung der humusartigen Salze schon an den Grenzen der Pflanze zerfällt wird (hier lehrt er sein Neues System der Chemie, Bd. III. S. 38), und mithin dieselbe an der Grenze der Pflanze frei werdende Menge Wasser sehr oft wiederholt neue Mengen der humusartigen Salze auflösen kann.“

wegen werden in den Pflanzen zersetzt und bieten denselben einen Vorrath an Kohlen-, Wasser-, Sauer- und Stickstoff, Phosphor und Schwefel dar<sup>(1)</sup>. Die ausgehauchten Gase sind nach ihm von Ueberschuss an den genannten Elementen, der nicht in der Pflanze fixirt worden ist; es haben also die Kohlensäurebildung mit Sauerstoffabsorption und umgekehrt nicht das Geringste zu thun, um so mehr, da die Kohlensäure auch neben dem Sauerstoff aus den grünen Theilen ausgehaucht wird<sup>(2)</sup>.

Die huminstoffen und anderen neutralen Salze werden von den Pflanzen nicht zersetzt und bewirken bei genannten Versuchen keine Sauerstoffauscheidung<sup>(3)</sup> etc. Es lässt sich vielleicht dagegen sagen, dass fast alle seine Versuche nur mit Blättern allein gemacht wurden, die Pflanzen aber sich nicht in ihrem natürlichen Zustande befanden; der Schluss aber, den der Verfasser daraus zieht, lässt sich nur durch unmittelbare Versuche umwerfen oder bestätigen, wozu noch viele gemeinschaftliche Bemühungen der Pflanzenphysiologen erforderlich sind.

Wir sehen hier die Meinungen, welche einander entgegengesetzt sind und unter welchen noch viele nicht allgemein als wahr gelten. Für unsern Gegenstand sind sie darum von geringer Bedeutung, weil sie uns nur die nächste, nicht aber die ursprüngliche Quelle des Kohlenstoffs in den

---

(1) Schatz a. a. O. S. 32 u. 71.

(2) Ebendaselbst S. 16.

(3) Ebendaselbst S. 37 ff.

Pflanzen angehen. Sagen die Pflanzen humusaure Salze oder Kohlensäure, oder auch organische Säuren ein, so wachsen wir dabei noch gar nicht, wo diese letzteren ihren Kohlenstoff hernehmen. Schwab weist die Pflanzen nur auf den Humus an, sagt aber nicht wie der Humus entstanden. Dass er aus verwesten organischen Substanzen sich bildet, das ist bekannt, es musste aber etwas vor der Vegetation gewesen sein. „Einen Urhumus giebt es nicht, sagt *Liebig*(<sup>1)</sup>, denn es waren Pflanzen vor Humus vorhanden.“ Es musste früher ein Vorrath an Nahrung für die Pflanzen gelegt werden, ehe diese erschaffen worden und da es nicht der Boden sein konnte, so musste es die Atmosphäre gewesen sein.

*Liebig* nimmt an, dass, bevor Vegetation unseren Planeten bedeckte, Kohlensäure in der Atmosphäre vorhanden war: die organische Kraft benutzte diese zur Bildung von Pflanzen, und jetzt bleibt die Atmosphäre eine Vorrathskammer für die Kohlensäure. Es würde vielleicht diese Ansicht nicht so scharf angegriffen werden, wenn er sie nicht als Beweis anführen wollte, dass auch die jetzt vegetirenden Pflanzen zur Bildung kohlenstoffhaltiger Verbindungen ausschliesslich Kohlensäure einsaugen(<sup>2</sup>). Anstatt aber die Schlussfolge auszugreifen, welche in keinem nothwendigen Zusammenhang mit dem Vorderen steht, wollte man diesen umstossen. *Haber* in seiner gegen *Liebig* gerichteten Schrift setzt ihm die Meinung entgegen-

---

(1) a. a. O. S. 11.

(2) a. a. O. S. 18 ff.

gen, dass die organische Kraft früher thätig gewesen, ehe die Kohlensäure in der Atmosphäre vorhanden war, und dass sie Kohlenstoff genug in dem Mineralreiche (kohlenreicher Kalk, Graphit, Diamant) gefunden hätte, um daraus die Pflanzengehilde erschaffen zu können<sup>(1)</sup>. Wenn wir auch nicht unbedingt mit Schleiden<sup>(2)</sup> die Lebenskraft ein unbekanntes X nennen müssen, das am Ende der Rechnung = 0 sein kann; wenn wir auch im Voraus an ihre Existenz fest glauben wollen, so können wir sie uns nicht anders denken, als dass sie chemische und physikalische Kräfte zu ihren Zwecken besitzt, dass sie aber nicht im Stande ist, wesentliche chemische und physische Eigenschaften der Körper umzuändern. Bevor sie die Stoffe zu organischen Gebilden verbinden konnte, mussten diese in einem dazu geeigneten (flüssigen oder gasförmigen) Zustande sich befinden; denn nur in solchem fängt die chemische Verwandtschaft an ihre Wirkung auszuüben. Schleiden sagt<sup>(3)</sup>: „Es ist allgemeines Naturgesetz, dass sich die Form als das relativ Feste nur aus dem Flüssigen bildet. Theoretisch liesse sich dieses Gesetz so ableiten: Bildung einer Form ist Bewegung der einzelnen Theilchen einer Materie bis an eine gewisse Stelle. Der flüssige Zustand ist aber der einzige, bei welchem ohne Aufhebung des Zusammenhanges die Beweglichkeit der einzelnen Theile

(1) *Büchel*, Beleuchtung etc. S. 27 ff.

(2) *Grundsätze der wissenschaftl. Botanik*, Band II. Seite 49f.

(3) *Des angeführten Werkes* Bd. I. S. 18.

im höchst möglichen Grade vorhanden ist: also ist Formbildung nur im Flüssigen möglich.“ Alle die erwähnten kohlenstoffhaltigen Substanzen sind aber im Wasser völlig unlöslich und konnten nicht zur Bildung der ersten Pflanzen verwendet werden. Kohlensaurer Kalk ist freilich in kohlenstoffhaltigem Wasser löslich; das setzt aber das Vorhandensein von Kohlensäure in der Atmosphäre voraus, was eben für *Järbig's* Meinung spricht. Es könnte freilich geschehen, dass der kohlen saure Kalk durch andere Säuren (Schwefel-, Salz-, Salpeter-, Phosphorsäure u. m. a.) zerlegt und die freiverwendbare Kohlensäure zur Bildung der Pflanzen verwendet wurde; es ist aber schwerlich zuzugeben, dass alle auf solche Weise aus ihren Verbindungen ausgeschleuderte Kohlensäure gleich in die Pflanzensubstanz verwandelt werden musste, ohne dass ein Theil derselben in die Atmosphäre gelangte; dies kann um so weniger zugegeben werden, weil alle Zersetzungen der kohlen sauren Salze durch andere Säuren (z. B. Gypfbildung) zum grössten Theil sich vor Beschaffung der Gewächse statt finden, und weil die Pflanzen am Anfange des organischen Lebens auf der Erde ohne Vorhandensein von Kohlensäure in der Atmosphäre gar nicht forthechten könnten, indem sie dann nirgendwoher den zu ihrem Wachsthum erforderlichen Kohlenstoff bekommen würden. Sie wären freilich im Stande, den kohlen sauren Kalk der Felsen zu zerlegen; das könnte jedoch auf keine andere Weise geschehen, als indem sie eine organische Säure durch ihre Wurzeln ausscheiden, die sich mit Kalk verbindet und Kohlensäure frei lässt.

Nun ist aber jede organische Säure kohlenstoffreicher als die Kohlensäure: die Pflanzen würden also dann mehr Kohlenstoff von sich hergeben müssen, als sie aus dem Kalkfelsera nehmen könnten: sie würden dabei nicht fortsachsen können. Die Atmosphäre müsste also einen Vorrath an Kohlensäure enthalten, wenn die Vegetation zu Stande kommen sollte; eine andere Quelle davon war allerdings das Mineralreich. Die Quantität der Kohlensäure aber, die aus ihm in das Pflanzenreich überging, konnte unmöglich sehr gross sein. Wenn wir die Menge der unorganischen Bestandtheile der Vegetabilien (welche die Kohlensäure mit in die Pflanzen bringen konnten) mit ihrer ganzen Masse vergleichen und dazu gedenken, dass ein Theil von dieser mineralischen Kohlensäure mit der Zeit wieder mit unorganischen Basen verbunden wird: so ist es klar, dass (bis auf eine verschwindende Menge) aller Kohlenstoff in den Pflanzen ursprünglich aus der Atmosphäre herkommt.

Später, nachdem eine Menge Pflanzen ihre Vegetation geendigt und ihre Gebilde die Verwesung erlitten hatten, fanden die folgenden Generationen der Gewächse einen Kohlenstoffvorrath im Boden (Humus)<sup>(1)</sup>, der neben der Kohlensäure der Atmosphäre zu ihrer Ernährung dienen konnte. Je mehr die Vegetation auf unserem Planeten stieg, um so mehr häuften sich im Boden die Ueberreste von Vegetabilien, die noch nicht völlig ver-

---

(1) Theorie des Pflanzenbaues von Herrn Professor Schwab, S. 119.

wert waren, so dass es zweifeln möglich war, dass die Pflanzen auch ohne die atmosphärische Kohlensäure ihr Leben unterhalten könnten. Wenn dieser Fall nicht gebürgert werden kann, so lässt sich doch daraus nicht schliessen, dass in dem jetzigen Zustande des organischen Lebens auf der Erde alle Pflanzen insgesamt die Kohlensäure der Luft entbehren können.

Denken wir uns, dass die ganze Masse der jährlich verwesenden Pflanzen zur Ernährung der künftigen Vegetation verwendet wird, so kann damit nur eine der vorigen gleiche Masse Vegetabilien ernährt werden. Es kommt aber ein solcher Fall in der Wirklichkeit nie vor: nur wenige Pflanzen leben und sterben ungestört; ein gewiss grösserer Theil von ihnen dient den Thieren zur Nahrung. Der in ihnen befindliche Kohlenstoff wird in verschiedener Gestalt aus den thierischen Körpern ausgeschieden und zum Theil in Kohlensäure verwandelt, wodurch er der Verwesung und Humusbildung entzogen wird; nur ein geringer Theil davon bleibt in thierischen Abfällen und Excrementen zurück und kann später den Pflanzen zur Nahrung dienen.

Sollte Humus die einzige Nahrungsquelle für die Pflanzen sein, so würde augenscheinlich die Masse der Vegetabilien alljährlich um die für die Verwesung verlorene Menge derselben sich vermindern, bis endlich die Vegetation mit den Thieren unterlage.

Fassen wir noch andere Prozesse ins Auge, bei welchen der Kohlenstoff der Pflanzenüberreste als Kohlensäure, Kohlenwasserstoff u. s. w. in die

Atmosphäre sich verflüchtigt, ohne in die lebenden Pflanzen überzugehen; berücksichtigen wir die Bildung von Kohlensäure bei dem Reifen der Pflanzen, bei der Verwesung selbst, bei der Verbrennung u. s. w., die auch für Humusbildung verloren geht, so müssen wir gestehen, dass die Menge des in verwesenden Substanzen befindlichen Kohlenstoffs bei weitem nicht hinreicht, eine neue Generation der Pflanzen beim Leben zu erhalten: dass es also die Atmosphäre sein muss, welche diesen Mangel ersetzt und die Vegetabilien mit Nahrung versorgt.

Wir können alle Pflanzen, oder besser alle Pflanzengebilde in zwei Gruppen theilen: die eine verwendet ihren Kohlenstoffvorrath zur Bildung einer künftigen Pflanzengeneration, die an Masse ihr selbst gleich ist; der Kohlenstoff der anderen Gruppe verflüchtigt sich zum Theil noch bei Lebzeit der Pflanze als Kohlensäure, zum Theil bei Verwesung derselben, wird verbrannt, von den Thieren consumirt und ausgeathmet, kurz, er verflüchtigt sich in die Atmosphäre und geht also für die Humusbildung verloren. Soll die Vegetation auf der Erde nicht aufhören, soll die Masse der Vegetabilien immer dieselbe bleiben, wenn sie sich nicht vermehrt, so muss die Menge des in der zweiten Gruppe befindlichen Kohlenstoffs derjenigen gleich sein, welche in der von den Pflanzen aus der Atmosphäre gewonnenen Kohlensäure enthalten ist; oder: wie viel Kohlensäure auf verschiedene Weise sich in die Atmosphäre verflüchtigt, eben so viel muss aus dieser in Pflanzen

übergehen, wenn das gesammte Leben fortdauern soll. —

Wir haben den Kreis unserer Betrachtungen geschlossen, und kommen jetzt dahin zurück, von wo wir ausgingen. Wir haben gesehen, dass alle die erzeugte Kohlensäure ihren Kohlenstoff den Pflanzen verdankt, die Pflanzen nehmen ihren Kohlenstoff aus der Kohlensäure der Atmosphäre: die Quelle der in die Atmosphäre gelangenden Kohlensäure ist also die Atmosphäre selbst.

Bei einem solchen Kreislaufe kann das Gleichgewicht der Atmosphäre (was die Kohlensäure betrifft) nicht auf immer gestört werden.

### §. 7.

Nachdem wir auf solche Weise unseres Lesern das flüchtige Bild dieses Kreisprocesses gezeigt haben, wollen wir einige Zweifel an der Richtigkeit des Gesagten beseitigen und Einwürfe nach Möglichkeit widerlegen.

1. Der erste Einspruch, den man, auf die Theorie von Schüpbach stützend, gegen uns machen könnte, wäre der, dass die Kohlensäure nicht als Nahrung der Pflanzen betrachtet werden dürfe; dass sie, wenn sie auch in die Pflanzten von aussen her gelangt, von diesen nicht zersetzt werde: so dass Sauerstoff, den diese im Sonnenlichte auslauchen, unmöglich von zerlegter Kohlensäure herühren kann. Die Pflanzen haben also keinen notwendigen Einfluss auf den Sauerstoff der Atmosphäre, und dies kann um so mehr behauptet

werden, da die Pflanzen, nach Schöls, auch ohne Sauerstoffausscheidung leben können.

Die Versuche, welche uns überzeugen sollen, dass Kohlensäure nicht als Nahrung betrachtet werden darf (weil die Pflanzen, zu deren Wurzeln man die Kohlensäure geleitet hat, darnach kränkelten und starben), beweisen noch nicht, dass diese Säure mit anderen Stoffen in Verbindung und in geringer Menge von den Wurzeln eingesogen, nicht die Pflanze wirklich ernährt. Schleiden sagt von den Versuchen dieser Art: „sie beweisen so viel, als wenn Jemand behaupten wollte, dass die Kieselerde von den Pflanzen nicht aufgenommen wird, weil in der Lösung von kieselsaurem Kali kein Moos gedeiht; oder wenn ein Zoolog ein Thier mit Strychnin füttern und daraus ableiten wollte, dass stickstoffhaltige Substanzen nicht gesund sind“ (1). Diese Schädlichkeit der Kohlensäure für das Leben der Pflanzen kann um so weniger die von uns gewonnenen Resultate umstossen, da wir gar nicht behaupten wollen, dass alle Kohlensäure als solche von den Pflanzen aufgenommen wird: sie mag auf die Bestandtheile des Humus einwirken und sich mit ihnen zu organischen Säuren umbilden, um (nach Schöls) von den Pflanzenwurzeln eingesogen werden zu können; sie mag mit Ammoniak und anderen Basen als Salz in die Pflanzen gelangen; gleich viel: für unsern Gegenstand ist nur die Menge der eingesogenen Kohlensäure von Wichtigkeit, und nicht die Art und Weise, wie sie von den Pflanzen aufgenommen wird.

---

(1) Schleiden n. n. O. Bd. II. S. 485 u. 490.

Was die Zersetzung der Kohlensäure und Sauerstoffausscheidung betrifft, so ist es für die Erhaltung des Gleichgewichts in der Atmosphäre gar nicht nöthig, dass die Pflanzenorgane die Kohlensäure zersetzen; es sind am Wahrscheinlichsten die in den Zellen befindlichen in der Zersetzung begriffenen Substanzen, welche durch die Contactwirkung die Affinität zwischen den Bestandtheilen der Kohlensäure aufheben<sup>(1)</sup>. Dass dabei die ganze Menge des in derselben befindlichen Sauerstoffs frei wird, ist nicht wahrscheinlich. Der ausgeschachte Sauerstoff mag zum Theil vom Wasser herrühren, dessen Wasserstoff mit andern Elementen zur Bildung von verschiedenen Pflanzenproducten verwendet wird. Eine grosse Menge Sauerstoff wird frei bei der Chlorophyllbildung. Chlorophyll besteht nämlich aus dem Wachs, das sich aus dem Stärkemehl bildet, und einer geringen Menge von eigentlichem Blattgrün, das überall in der Pflanze verbreitet ist und sich mit diesem Wachs verbindet, erst aber durch die Wirkung des Lichtes grün wird. Dieses Grünwerden des Blattgrünes geschieht unter Sauerstoffabsorption; bei der Bildung von 4 Aeq. Wachs (das aus  $C_{12}H_{22}O$  besteht) aus 4 Aeq. Stärkemehl und 10 Aeq. Wasser aber werden 56 Aeq. Sauerstoff entlassen — eine bei weitem grössere Menge, als die ist, welche das Blattgrün bei dem Grünwerden consumirt<sup>(2)</sup>. Mag aber Sauerstoff herrühren, von wo

(1) *Meider* a. a. O. S. 413.

(2) *Meider*, Versuch einer allgem. physiol. Chemie, S. 374 f., u. 395 f.

er wolle, für uns genügt es zu wissen, dass es die Kohlensäure der Atmosphäre war, aus welcher die organische Kraft den Kohlenstoff genommen, um die Pflanzen zu erschaffen, und welche diesen einen Kohlenstoff darbot, den sie bei ihrem Wachsthum benutzen konnten. Zerlegt oder unzerlegt und mit Wasserelementen, Ammoniak oder sonst etwas, verbunden, wurde die Kohlensäure in den Pflanzen abgelagert; ob dabei Sauerstoff ausgeschieden wurde oder nicht, ist für uns gleichgültig, wir brauchen nur den Kohlenstoff derselben im Auge zu behalten und seine weitere Verwendung.

Hauchten die Pflanzen Kohlensäure aus, so war das nur Rückgabe des früher Genommenen; wurden sie von den Thieren gefressen und ihr Kohlenstoff beim Athmen und bei andern Processen als Kohlensäure in die Atmosphäre entlassen, so brauchen wir nur die Verbindung zu berücksichtigen, in welcher er vorkam, als er zur Bildung von Kohlensäure verwendet wurde. War er fast rein, wie z. B. die Kohle ist, so musste er vorher auf irgend eine Weise seinen Sauerstoff verloren haben. Wurde dieser nicht in die Atmosphäre hingegeben, sondern zur Oxydation des Wasserstoffs und dessen Verbindungen benutzt, so musste dieser Wasserstoff wieder seines Sauerstoffs beraubt worden sein, ehe er diese Verbindungen einging, und dieser Sauerstoff entwich in die Atmosphäre: beim Brennen der Kohlen wird er ihr wieder entzogen.

In den Pflanzentheilen und Substanzen, die in Körper der Thiere übergehen, ist der Kohlenstoff zum grössten Theil mit Wasserstoff und

Sauerstoff verbunden; der letztere ist aber darin in kleinerem Verhältnisse vorhanden, als es zur Bildung von Kohlensäure und Wasser (woraus das Vegetabil entstand) nöthig ist; er musste also vorher entweichen sein. Beim Athmen der Thiere und beim Verwesen organischer Substanzen kommt er zu dem Kohlenstoff und Wasserstoff wieder zurück. Rührt der von den Pflanzen ausgeschiedene Sauerstoff auch nicht von der zersetzten Kohlensäure her, so ist es doch klar, dass er in derselben Menge abgeschieden werden musste, in welcher er später angezogen wird; weil dieselben Verbindungen dabei entstehen (Kohlensäure und Wasser), die früher durch die Vegetation zersetzt wurden.

Die ersten Pflanzen bildeten eine gewisse Menge Humus aus ihren Ueberbleibseln, welcher zur Nahrung für die künftige Generation diente; da aber, wie wir schon erwähnt hatten, diese Menge zu gering war, um eine der vorigen gleiche Masse von Vegetabilien zu bilden und zu ernähren, so musste die Kohlensäure wiederum aus der Atmosphäre angezogen werden. Dasselbe wiederholte sich immer und geschieht auch jetzt; der Boden und die Atmosphäre bieten den Pflanzen die erforderliche Nahrung dar.

2. Man würde aber sagen können, dass die Menge der jährlich aus der Atmosphäre ausgezogenen Kohlensäure nicht notwendig der der erzeugten gleich sein muss, weil der Mangel aus dem älteren Humusvorrath gedeckt werden kann.

Der Einwurf hat eine örtliche Gültigkeit: wir wissen wohl, dass bei einem regellosen Landwirth-

schaftsbetriebe der Humus aus dem Boden fast gänzlich verschwinden kann, das gilt aber nicht von der ganzen Humusmasse auf der Erde. In Wäldern, Steppen und Sümpfen vermehrt sich der Humusgehalt des Bodens beständig; in der geregelten Landwirtschaft geschieht dasselbe, ohneachtet, dass dabei viele Menschen und Thiere sich von den Producten derselben ernähren, die viel Kohlenstoff in Kohlensäure verursachen, und dass gewöhnlich mehr Producte aus- als eingeführt werden; ohne die atmosphärische Kohlensäure würde der Reichthum des Bodens unangänglich sich vermindern müssen. Diese Zunahme von Humus ist nicht bloß örtlich, sondern lässt sich überall wahrnehmen: die grössere Masse von Vegetabilien, die wir jetzt gewinnen, ist die Folge davon und ein Beweis dafür, wenn noch mehr Beweise nöthig wären, dass die Kohlensäure der Atmosphäre von der Vegetation in Anspruch genommen wird<sup>(1)</sup>.

5. Unter den vielen Quellen der sich bildenden Kohlensäure sind noch folgende zu betrachten: das Trockenlegen der Sümpfe, das Brennen des Torfes, der Stei- und Braunkohlen, das Ausrotten der Wälder und die kohlenstoffhaltigen Gewässer (Süerlinge). In den Sümpfen gedeihen solche Pflanzen, die meistens an Ort und Stelle leben und sterben; bei mangelhaftem Luftzutritt versäuen sie nicht vollständig, sondern bilden eine Masse Humus, der später ganz verkohlt wird, und während langer Zeit, ohne alle

---

(1) *Müll. Physiol. Chemie* 8. 163.

Veränderung, verleiht<sup>(1)</sup>. Werden diese Flächen trocken gelegt, so entstehen darauf grosse Mengen Pflanzen, die verfüttert werden, deren Kohlenstoff also dem Boden entzogen und als Kohlensäure in die Atmosphäre entlassen wird. Noch rascher und sichtbarer geschieht dasselbe beim Brennen des von diesen Flächen gewonnenen Torfes: es wird dann an die Atmosphäre der Kohlenstoff zurückgegeben, welcher derselben vor Jahrtausenden durch die Pflanzen entzogen wurde<sup>(2)</sup>.

Durch Vernichten von grossen Kohlenlagern im Schoosse der Erde wird die Atmosphäre mit der Kohlensäure verunreinigt, welche schon längst aus derselben entfernt wurde. Hier können wir uns fragen, ob wir nicht durch alle solche Mittel die Atmosphäre allmählig in den Zustand versetzen, in welchem sie sich vor Anfang des organischen Lebens auf der Erde befand, oder wenigstens bevor die Menschen erschaffen worden, das heisst, ob man sie nicht zuletzt zur Respiration untauglich machen werde?

Wie gesagt, es ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, dass die Menge organischer Substanzen in dem Boden sich vermindert: es ist also durch Trockenlegen und Lehen der Stämme keine Vermehrung der Kohlensäure in der Atmosphäre

(1) Theorie des Pflanzenbaues von Herrn Professor Schenkels, S. 114.

(2) Herr Statargh Schandls hat einen Hirschen untersucht, dessen Untergrund bis zu der Tiefe von 30 Fuss aus bester Moosschichten bestand; die Zahl derselben liess auf ein mehr als 3000jähriges Alter des Baches schliessen. a. a. O. S. 16.

zu befürchten. Nur der Verbreitungsproceß muss hier berücksichtigt werden. Die Menge der dadurch erzeugten Kohlensäure kann aber unmöglich so gross sein, dass sie durch die erhöhte Vegetation nicht verbraucht werden könnte. Dass diese Vermehrung der Vegetation keine blosse Vermuthung ist, beweisen viele neu behaute Flächen, die früher gar keine oder nur nothdürftige Vegetation auf sich trugen. Es bleiben noch gewaltige Strecken übrig, welche jetzt nur Sand oder Wasser sind, und später, bei Vermehrung der Menschenzahl und Vervollkommnung der Landwirtschaft, cultivirt werden können. Es ist also keine unhaltbare Voraussetzung, dass diese neu erzeugte Kohlensäure nicht von Bedeutung für das sämmtliche Leben sein kann.

Die Ausrottung der Wälder bringt in die Atmosphäre eine grosse Menge Kohlensäure, die aber nicht seit langer Zeit derselben entzogen worden. Die ältesten Wälder enthalten nur äusserst wenige Exemplare von Bäumen, die über Tausend Jahre alt sind. Die Bäume, obwohl nicht unbedingt sterblich, sind dennoch so vielen äusseren Einflüssen ausgesetzt, die ihrer Existenz feindlich entgegenreten, dass sie diesen endlich unterliegen<sup>(1)</sup>, und es ist nicht zu wenig gesagt, wenn man annimmt, dass die durch Ausrottung der Wälder entstandene Kohlensäure nur die Rückgabe derjenigen ist, welche vor höchstens Tausend Jahren der Atmosphäre entzogen wurde:

---

(1) v. Bunge, Anleitung zum Studiren der Botanik, Seite 297.

sie versetzt also dieselbe in den Zustand, in welchem sie sich vor Tausend Jahren, das ist schon in historischer Zeit, befand, kann also die Verschlechterung desselben nicht bewirken.

4. Wir sehen nicht selten eine grosse Menge Kohlensäure aus manchen Quellen und Seen in die Luft entweichen. Das Wasser, welches Kohlensäure mit sich führt, kommt häufig aus einer solchen Tiefe her, in welcher keine organische Substanzen abgelagert sind, schon Kohlensäure ist also rein mineralischen Ursprungs und kann allein, wenn auch in einer sehr entfernten Zeit die Luft verpestet, weil sie nicht in einem solchen Kreislaufe begriffen ist, wie die Bestandtheile des Bodens und der Atmosphäre.

Zur Beseitigung dieses Zweifels müssen wir zuerst untersuchen, ob diese Kohlensäure der Mineralwasser wirklich ausservegetabilischen Ursprungs ist? Es ist als unzweifelhaft angenommen, dass alle Quellen, kämen sie auch aus der grössten Tiefe, ihren Ursprung dem Regenwasser verdanken, welches durch die feinsten Poren durchsickert und immer tiefer hinabgeht. Zu einer undurchdringlichen Schicht angekommen, sammelt es sich darauf an, bildet, der Schwere folgend, unterirdische Ströme und kommt endlich wieder zum Vorschein, wenn es zufällig einen Ausgang findet oder sich ihn durch seinen Druck selbst bahnt (1).

---

(1) *Friedrich Haffmann's Physikalische Geographie*, S. 225. Schon die Alten (*Aristoteles, Meteorologia* l. I. Cap. 13. *Vitruvius de Architectura* l. VIII. Cap. 1) hatten dieselben Ansichten darüber. *Halley* hat durch genaue

Alles Regenwasser enthält Kohlensäure und atmosphärische Luft in sich. In den oberen Schichten der Kruste löst es viel Organisches und Unorganisches auf und führt es weiter mit. Indem es verschiedene Schichten durchdringt, verliert es einen Theil seiner Kohlensäure zur Bildung kohlensaurer Salze, gewinnt an deren Stelle aber mehr durch Zersetzung der in ihm aufgelösten organischen Substanzen und der im Boden befindlichen kohlensaurer Salze vermittelt der stärkeren Säuren, die es oft enthält. Trifft dieses Wasser auf Braun- und Steinkohlenlager, so kann es wohl geschehen, dass diese von dem in ihm befindlichen Sauerstoff angegriffen und in Kohlensäure verwandelt werden. Alle diese Kohlensäurevorräthe sind aber (kohlenstoffhaltige Mineralien etwa ausgenommen) vegetabilischen Ursprungs, wurden also früher der Atmosphäre durch die Pflanzen entzogen. Kommt das Wasser auch aus einer bedeutenden Tiefe, so dürfen wir nicht aus der Acht lassen, dass es nur darum so hoch, der Schwere zuwider, emporsteigt, weil es von einer wenigstens eben so hohen Wassersäule gedrückt wird: es steht also durch dieselbe mit der Erdoberfläche in Verbindung.

Wenn es auch nicht geleugnet werden darf, dass ein Theil der Kohlensäure der Mineralquellen durch Zersetzung kohlensaurer Salze entstand, so ist doch damit nicht gesagt, dass alle diese

---

Untersuchungen die Menge des Regenwassers unabhängig gefunden, um die Quellen speisen zu können und die unmerklichen Wasserbedenschläge als Ersatz des Mangelnden angenommen.

Salze ansterogetabilischen Ursprungs seien. Kohlensäurer Kalk, der mit Thon, Sand u. a. m. vermischt als Mergel vorkommt, ist augenscheinlich organischen Ursprungs. Man trifft ganze Kreidberge, die fast durchweg aus Muschelschalen bestehen, deren Kohlensäure also den von uns geschönderten Kalkstein abtgestrichelt haben musste und durch ihr Freiwerden keine Verunreinigung der Atmosphäre bewirken kann. Ebenso sind auch alle anderen kohlensauren Alkalien, könnte man sagen, organisch. Nur diejenigen kohlensauren Salze, welche in den Ursteinen oder in warmen Tiefen vorkommen, geben bei ihrer Zersetzung an die Atmosphäre eine Kohlensäure ab, welche vielleicht älter ist, als das organische Leben auf der Erde. Die Masse derselben ist aber zu unbedeutend, als dass sie hier weiter betrachtet zu werden brauchte.

3. Ein Theil der sich entwickelnden Kohlensäure ist rein pflanzlichen Ursprungs und wird aus dem Innern der Erdkugel auf deren Oberfläche ausgestossen. Ob sie die Atmosphäre zu verunreinigen im Stande ist, das wird erst die Zukunft lehren. Ein Theil davon wird gewiss zur Zerlegung der überall in so grosser Menge vorkommenden Silicate und zur Bindung unorganischer Basen verwendet; ein anderer begleitet das auf und in der Erde befindliche Wasser und entweicht mit dieser in die Atmosphäre. Ueber diese Kohlensäure können wir also, wie bemerkt, nichts Bestimmtes sagen, und nur etwa vermuthen, dass die sich stets vermehrende Vegetation der zu

grossen Anhäufung derselben in der Atmosphäre entgegen arbeiten werde.

6. Wir haben einer Bedingung erwähnt, an welche das Gleichgewicht zwischen der Erzeugung und Zersetzung fest geknüpft ist, nämlich, dass in dem entgegengesetzten Fall die Vegetation und somit auch das thierische Leben auf der Erde würde vergehen müssen. An die Möglichkeit davon glaubt *Malder*. Er sagt: „Versetzen wir uns in die Zeit, wo die Wälder ausgerottet sein werden, und der Erdboden nur mit Feldfrüchten und anderen zur Nahrung dienenden Gewächsen, welche sich wenig über den Boden erheben, bedeckt ist, so stehen wir auf der Grenze für die unveränderliche Zusammensetzung der Luft und zugleich für das Leben des Menschengeschlechtes auf unserem Planeten“ (1). Er geht von dem Gesichtspunkte aus, dass beide organische Reiche in einer solchen Wechselwirkung zu einander stehen, dass bei Vernichtung des eines das andere sich verändern muss. „Die Zahl der Thiere und Pflanzen, welche auf der Erde leben, kann kaum die gegenwärtige übersteigen, weil der zum Bestehen derselben nöthige Stoff fehlen würde. Wenn die Anzahl der Thiere zunimmt, muss die der Pflanzen abnehmen; die ersteren bilden sich ja aus Bestandtheilen der letzteren; die dünne schwarze Erdkruste, die Bestandtheile der Thiere und Pflanzen und kleine Beimengungen der Atmosphäre bilden den ganzen auf der Erde vorhandenen Vorrath, der die lebenden, die organischen

(1) *Malder* a. a. O. S. 122.

Körper bilden und erhalten soll<sup>(1)</sup>. Aber diese Beimengungen der Atmosphäre sind gar nicht so Uebig; der Kohlenstoffgehalt derselben beträgt mehr als das Gewicht der Pflanzen und Thiere, der bekannten Steh- und Braunkohlenlager auf der ganzen Erde zusammengenommen<sup>(2)</sup>. Dieser Vorrath wird nicht vermindert werden, wenn er auch ganz in Gebrauch kommen soll; es wird blos ein Umlauf von diesem Weltcapital sein: die Kohlensäure wird von den Pflanzen aufgenommen, der Kohlenstoff derselben geht mit der Nahrung in Körper der Thiere über, und wird bei den Athmungs- und andern Processen in die Atmosphäre zurückgeführt. So lange also Menschen und Thiere mit der Pflanzennahrung ausreichen, so lange wird es für sie nicht an Sauerstoff fehlen.

Die Menschen können aber ausser den Pflanzen noch Wasserproducte genießen; vermehren sie sich also zu einer größeren Anzahl, als die ausgedehnteste Vegetation sie zu ernähren vermag, so würde eine Verunreinigung der Luft eintreten, weil dann mehr Kohlensäure in dieselbe gelangt, als von den Pflanzen wieder zerlegt werden könnte.

Wir vergessen aber, indem wir einen solchen Einwurf machen, dass die Wassergeschöpfe ihren Kohlenstoff ursprünglich aus der Atmosphäre hernehmen, dass also eine entsprechende Menge Sauerstoff früher frei geworden sein muss, ehe dieser Kohlenstoff in den Körper dieser Thiere und mit ihnen in den der Menschen gelangt und

---

(1) *Möller*, S. 100.

(2) *Libby* S. 32.

in Kohlensäure verwandelt wird. Die Verpestung der Luft haben wir also nicht zu befürchten, so lange die Menschenzahl ihrer Nahrung (gleichviel welcher) entspricht. Nur dann, wenn diese Zahl grösser wird als die Erde, bei der sorgfältigsten Benützung ihrer Schätze, zu ernähren vermag, wird die Verpestung der Luft, oder eher die Verhungerung der Menschen eintreten. Kann aber ein solcher Zustand je kommen? Uebersall sehen wir, dass die Bevölkerung eines Staates im Verhältniss zu den Mitteln ihrer Unterhaltung (Landbau, Gewerbe und Handel) steigt oder fällt, und was für einzelne Staaten gilt, ist auch von der gesammten Menschheit zu behaupten.

7. Wir haben im §. 2 der Oxydation unorganischer Stoffe erwähnt, welche eine Verminderung des Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre verursacht. Hier sind wir noch nicht dahin gekommen einen solchen Kreislauf, wie er bei organischen Processen Statt findet, nachweisen zu können; doch sehen wir, dass viele unorganische Körper, wie z. B. Eisen, sich unter Wasserzersetzung oxydiren; ihr Sauerstoff stammt in solchem Falle nicht aus der Atmosphäre, sondern aus dem Wasser, und der dabei frei werdende Wasserstoff verbindet sich hier zum Theil mit andern einfachen Körpern und nimmt also keinen Sauerstoff aus der Atmosphäre. Die Gewinnung der Metalle besteht zum grössten Theil in der Befreiung derselben von dem Sauerstoffe, und wenn man dazu in der Regel den Kohlenstoff verwendet, der sich mit dem Sauerstoffe der Mineralien verbindet, so wissen wir doch, dass dieser Kohlenstoff seinen

Sauerstoff früher verloren haben musste, dass also eine der in den Mineralien befindlichen gleiche Menge davon in die Atmosphäre gelangte.

Sollten wir auch eine Verminderung des Sauerstoffgehaltes der Atmosphäre in Folge der Oxydation der unorganischen Körper zugeben, so ist sie gleichwohl zu gering, um auf das organische Leben auf der Erde von Einfluss zu sein.

Wir sind somit zu dem Schlusse gelangt, dass die Menge der Kohlensäure und des Sauerstoffs in der Atmosphäre um eine gewisse Grenze schwankt, und dass es die Pflanzen sind, welche dieses Gleichgewicht aufrecht erhalten.

Wir haben in Folgenden andere Bestandtheile der Atmosphäre näher zu betrachten und zu ermitteln, in welchem Verhältnisse sie zu den Pflanzen und überhaupt zu dem organischen Leben stehen.

### §. 5.

#### Der Antheil des Stickstoffs und Ammoniaks an dem organischen Leben.

Diese beiden Körper, obwohl nicht so sehr wie die vorher genannten in der organischen Natur verbreitet, spielen dennoch eine wichtige Rolle in denselben, und wir wollen untersuchen, auf welche Weise die Pflanzen auch hier zur Erhaltung des Gleichgewichtes in der Atmosphäre beitragen.

1. Was zuerst den Stickstoff der atmosphärischen Luft betrifft, so ist seine Gesammtnasse sehr constant (79½ der reinen Luft), und das

Gleichgewicht der Atmosphäre kann hier nicht leicht gestört werden. Sein Indifferentismus gegen die anderen einfachen Körper und die Seltsamkeit der Fälle, in welchen er eine Verbindung mit ihnen eingeht, hatten die Vermuthung erweckt, dass Stickstoff ein zusammengesetzter Körper sei<sup>(1)</sup>.

Da man gleich bis jetzt über seine Natur nichts Entschiedenens sagen kann, so ist doch kaum mehr Grund vorhanden, ihn für einen zusammengesetzten Körper zu halten, als die anderen sogenannten chemischen Elemente; da man viele seiner Verbindungen mit einfachen Körpern kennt, unter welchen Salpetersäure und Ammoniak die am meisten verbreiteten sind. Diese Verbindungen, welche man beinahe ausschliesslich aus den organischen Körpern oder durch ihre Vermittlung entstehen sah, so wie die Gegenwart des Stickstoffs in den Pflanzen und Thieren führten nothwendig zu dem Gedanken: der Stickstoff der Luft müsse einen Antheil an dem organischen Leben nehmen<sup>(2)</sup>, und dieser Schluss war um so consequenter, da

(1) Berzelius hat die Hypothese aufgestellt, dass Stickstoff aus einem eigenthümlichen Radicale Nitricum und Sauerstoff bestehe. Schöbein in seinem Werke über Ozon behauptete, den Stickstoff in Ozon und Wasserstoff zerlegt zu haben; spätere Untersuchungen aber, von ihm selbst und von De la Rive, Marignac und Willeroz angestellt, haben gezeigt, dass das Ozon wahrscheinlich eine höhere dem Wasserstoffhyperoxyde ähnliche Oxidation des Wasserstoffs ist.

(2) Priestley und Ingenhousz hatten angenommen, dass die Pflanzen die Eigenschaft besitzen, den Stickstoff der Luft zu assimiliren. Liebig a. a. O. S. 35.

man früher noch nicht wusste, dass das Ammoniak zu den Bestandtheilen der Atmosphäre gehört.

Schon *Saussure* hat das Gegentheil behauptet und *Liebig* in seiner *Agriculturchemie* (1) sucht zu beweisen, dass, wo nur irgend eine Stickstoffverbindung entsteht, diese stets ihren Stickstoff von dem schon vorhandenen oder bei der Verwesung stickstoffhaltiger Substanzen sich bildenden Ammoniak hernimmt, und dass der Stickstoff der Luft nicht im Stande sei, für sich in die organischen Körper überzugehen.

*Mulder* (2) ist anderer Meinung: er will dem Ammoniak der Atmosphäre keinen höhern Einfluss auf das organische Leben einräumen als allen andern Stickstoffverbindungen, und betrachtet den Stickstoff der Luft als die Hauptquelle desselben in allen organischen Körpern. Als Beweis dafür nimmt er an, dass die Menge des in der Atmosphäre befindlichen Ammoniaks zu unbedeutend sei, um die organischen Körper mit dem nöthigen Stickstoff versorgen zu können. — Hier sind beide Chemiker, wie ich glaube, in die entgegengesetzten Extreme verfallen.

*Mulder's* Behauptung, dass die Menge des in der Form von Ammoniak vorhandenen Stickstoffs

---

(1) a. a. O. S. 59 ff. 250 ff. 305.

(2) *Physiol. Chemie* S. 108, 156 ff. Das von ihm häufig citirte Werk *Scheikundige Onderzoekingen* (*Chem. Untersuch.*), in welchem (Th. 2. S. 78) er die Beweise anführt, dass die Pflanzen unzweifelhaft von Ammoniak der Luft ihren Stickstoff nehmen, konnte ich nicht benutzen.

für die organischen Prozesse nicht ausreichte, könnte freilich, wenn dem wirklich so wäre, als Beweis gegen *Löbigs*'s Ansicht gelten; sie kann aber auch leicht aus einer Mangelhaftigkeit der Untersuchungen über das Ammoniak entstanden sein, und die von *Löbige* gesammelten Data über die so häufige Entwicklung von Ammoniak, scheinbar ohne alle Ursache, und die von ihm selbst angestellten Versuche<sup>(1)</sup> lassen uns eher das Letztere glauben. Die geringe Menge von Ammoniak, welche uns die Analysen der Luft angeben, erscheint uns deswegen so klein, weil das Wasser und alle porösen Körper Ammoniak einengen und der Regen, der Thau etc. viel davon mit in den Boden führen. In den oberen, sowie auch in den unteren Erdschichten finden wir das Ammoniak, sowohl frei als in verschiedenen Verbindungen<sup>(2)</sup>. Es giebt also, wie wir sehen, genug Quellen von Ammoniak, aus denen die Pflanzen ihren Stickstoff erhalten können.

Wollten wir aber *Löbigs*'s Meinung in ihrer ganzen Ausdehnung beistimmen, so würden wir auch annehmen müssen, dass der Stickstoff der atmosphärischen Luft überhaupt nicht im Stande sei eine Verbindung mit andern Körpern einzugehen, weil aus einer jeden unter Umständen Ammoniak sich entwickeln und dieses von den Pflanzen eingezogen ihren seinen Stickstoff abgeben kann; es giebt aber mehrere erwiesene Fälle, in

(1) *l. c.* W. S. 279 ff.

(2) *Gruben-Otto*, Lehrbuch der Chemie. 2. Ausg. Bd. II. S. 682.

welchen der Stickstoff der Luft sich mit anderen Körpern verbindet. Cavendish hat im J. 1785 die Beobachtung gemacht, dass die Electricität die Bestandtheile der Luft (Sauerstoff und Stickstoff) befähigt, sich zu Salpetersäure zu verbinden<sup>(1)</sup>, wie es die Anwesenheit derselben in Gewitterregen vermuthen lässt. Wenn die Bildung der Salpetersäure in diesem Falle auch meistens durch Oxydation des im Ammoniak der Luft enthaltenen Stickstoffs Statt findet, so beweisen doch die von Cavendish angestellten Versuche<sup>(2)</sup>, dass sich der Stickstoff der Luft mit dem Sauerstoff derselben auch direct verbinden kann. Wird Wasserstoff im Ueberschuss mit Sauerstoff und Stickstoff gemengt, so entsteht beim Verbrennen salpetersaures Ammoniak<sup>(3)</sup>. Wenn man mit Wasser befeuchtete Eisenseile in eine mit Luft erfüllte Flasche schüttet, so oxydirt sich das Eisen bei gleichzeitiger Zersetzung des Wassers; der frei werdende Wasserstoff verbindet sich mit dem Stickstoff der Luft zu Ammoniak, dessen Vorhandensein durch das Blauwerden des gerötheten Lachmuspapiers sichtbar wird<sup>(4)</sup>. Die mit Kali geglühte Kohle giebt Cyan, das, wie alle Stickstoffverbindungen, Ammo-

---

(1) Lichig S. 218.

(2) Er liess in reine atmosphärische Luft, auch in ein Gemisch von 2 Vol. Stickstoff und 5 Vol. Sauerstoff in einer Glaske über Wasser oder Kalilösung mehrere Tage lang elektrische Funken schlagen und erhielt im ersten Fall Salpetersäurehydrat, im anderen salpetersaures Kali.

(3) Mulder n. n. O. S. 61.

(4) Mulder n. n. O. S. 138.

stark entwickeln und als solchen von den Pflanzen zur Bildung stickstoffhaltiger Producte verwendet werden kann<sup>(1)</sup>. Hierin sehen wir also die Möglichkeit der Theilnahme des atmosphärischen Stickstoffs an den organischen Processen.

Einen freilich negativen Beweis davon liefern uns die zuweilen stattfindenden Zersetzungen der Stickstoffverbindungen<sup>(2)</sup>, wobei Stickstoff frei wird. Könnte der Stickstoff der Luft auf keine Weise irgend eine Verbindung eingehen, so würde sich die Masse desselben stets vergrößern, die des Ammoniaks (der ersten Quelle aller Stickstoffverbindungen) stets vermindern müssen.

Jetzt bleibt uns zu erörtern übrig, auf welche Weise der Stickstoff der Luft an der Bildung stickstoffhaltiger Producte in den organischen Körpern Antheil nimmt.

Untersuchen wir die Metamorphosen, welche die stickstofffreien Pflanzenüberreste (Cellulose, Stärkemehl, Pectin u. s. w.) bei ihrer Fäulnis erleiden, so sehen wir, dass sie sich zu immer

---

(1) Die Entstehung von Cyan wurde dem Stickstoffgehalt der Kohle zugeschrieben; da es aber ungemacht ist, dass die stickstofffreie Kohle mit Eisen oder Kali Cyan liefert, so ist *Föllier* der Meinung, dass der Stickstoff der Luft mit freiverdendem Wasserstoff bei höherer Temperatur Ammoniak bilden kann, woraus erst Cyan entsteht. (*Otto*, *Chemie* Bd. II. S. 363.)

(2) Schwefelstickstoff durch Erhitzen bis 140° C., Cyan über glühendes Eisen oder Kupferoxyd, Ammoniak durch eine glühende Porcellanröhre mit Eisen- oder Kupferfolien geleitet etc. (*Otto*, *Chemie* Bd. II. S. 324, 482, 528, 546, 567, 606.)

einfacheren Verbindungen gestalten, Sauerstoff anziehen und verschiedene Gase (meistens Wasserstoffverbindungen, aber auch Kohlensäure) entwickeln und später eine braune pulverige Masse zurücklassen (Ulmoln, Ulminsäure =  $C_{10} H_{14} O_{13}$ ), die meistentheils Ammoniak enthält<sup>(1)</sup>. Dieses Ammoniak stammt zum Theil aus den stickstoffhaltigen Substanzen und aus der Atmosphäre her, zum Theil aber bildet es sich durch die Verbindung von freiwerdendem Wasserstoff aus der organischen Substanz mit dem Stickstoff der Atmosphäre<sup>(2)</sup>. Bei fernerer Einwirkung der Luft verwandelt sich die gebildete Ulminsäure in Huminsäure ( $C_{10} H_{12} O_{12} + 2 Aq.$ ) und diese in Geülsäure ( $C_{10} H_{12} O_{14}$ ), unter Aufnahme von Sauerstoff. Fernere Producte der Verwesung sind hierauf Quellatzsäure ( $C_{15} H_{12} O_{24}$ ) und Quellsäure ( $C_{14} H_{12} O_{16}$ ), bei deren Bildung ebenfalls viel Kohlensäure entwickelt wird, bis sich endlich diese Säuren, bei ungestörtem Luftzutritt, zu Kohlensäure und Wasser oxydiren, so dass nur anorganische Substanzen oder nach Umständen eine fast reine Kohle zurückbleibt<sup>(3)</sup>.

Es ist freilich keine unerlässliche Bedingung, dass diese Verwesungsproducte in einer bestimmten Ordnung aus einander entstehen. Es kann sich z. B. Quellatzsäure unmittelbar aus der Ulmin-

(1) *Müller* S. 153 ff.

(2) *Müller* S. 175.

(3) *Liebig* S. 435.

säure oder Holzkohle bilden, nämlich unter Mitwirkung von Salpetersäure, die sich häufig in der Atmosphäre befindet, und bei der Fäulnis und Verwesung organischer Substanzen fortwährend erzeugt. Diese Salpetersäure würde bei vorhandenen mineralischen Basen sich mit ihnen verbinden; fehlen jedoch dieselben und sie trifft die genannten organischen Substanzen, so verwandelt sie diese allmählig in Huminsäure und unter fortwährender Zersetzung entsteht endlich quellsäures Ammoniak. Bei allen diesen Processen wird gleichzeitig Wasser und Ammoniak durch das Zusammentreten des freigesetzten Wasserstoffs mit Sauerstoff und Stickstoff gebildet. — Das Ammoniak verbindet sich darauf mit Säuren, insbesondere mit Kohlensäure, zu Salzen, welche von den Pflanzenwurzeln eingesogen werden<sup>(1)</sup>. Das ist der Weg, auf welchem der Stickstoff der Atmosphäre in den Kreislauf der organischen Prozesse eintreten kann.

Was die Menge dieses atmosphärischen Stickstoffs betrifft, welche an dem organischen Leben Antheil nimmt, so ist sie sicherlich lange nicht so gross, als Malder behauptet, und sie macht nur einen geringen Theil von dem in allen organischen Körpern befindlichen Stickstoff aus. Wir werden uns davon überzeugen, wenn wir die Ge-

---

(1) Es ist vielleicht (auch möglich, dass die, alle chemischen Prozesse und noch mehr die Vegetation begleitende Electricität dem frei werdenden Wasserstoff beifügt sich mit dem Stickstoff der Luft zu verbinden.

sammtheit der organischen Prozesse in Bezug auf den Stickstoff überblicken.

Die Pflanzen finden den nöthigen Stickstoff in der Nahrung, welche ihnen der Boden und die Atmosphäre darbieten. Die eingetragenen Substanzen erleiden in den Gewächsen, je nach der Art derselben und je nach den Umständen, welche die Vegetation begleiten, verschiedene Metamorphosen, deren Gang dem gerade entgegengesetzt ist, welchen wir bei der Fäulnis und Verwesung beobachten. Die Nahrungstoffe gestalten sich zu immer mehr zusammengesetzten Verbindungen und nehmen endlich dieselbe Form an, welche die organischen Substanzen vor ihrer Fäulnis besitzen. (Es bilden sich: Pflanzenfaser, Säuren, Alkaloide etc.) Die diese Umbildungen bewirkenden chemischen Prozesse müssen aber nothwendig denjenigen entgegengesetzt sein, welche die Fäulnis und Verwesung begleitet hatten; und wie bei dieser Sauerstoff und Stickstoff eingeatmet, Wasserstoff abgeschieden, Ammoniak und Wasser gebildet wurden, werden bei der Vegetation umgekehrt Ammoniak und Wasser zersetzt, Wasserstoff in den Pflanzengebilden fixirt, Sauerstoff und Stickstoff frei gelassen.

Hier endet aber die Theilnahme des atmosphärischen Stickstoffs an dem organischen Leben. Der in stickstoffhaltigen Pflanzengebilden fixirte Stickstoff verdankt seinen Ursprung beinahe ausschließlich dem Ammoniak der Atmosphäre und den verwesenden stickstoffhaltigen Substanzen.

In Menge des dazu verwendeten Stickstoffs der

Luft kann nur gering sein, wie es aus uns folgender Betrachtung klar werden wird.

Der in den Pflanzen fixirte Stickstoff geht mit diesem in den Körper der Thiere über, oder nimmt Antheil an der Fäulnis und Verwesung organischer Substanzen. In beiden Fällen nimmt er nach und nach die Form von Ammoniak an und gelangt als solches in die Atmosphäre. Ein Theil von diesem Ammoniak dient zur Nahrung den Pflanzen, in einem andern Theile oxydirt sich der Stickstoff zu Salpetersäure, ein kleiner Rest veranlaßt die Bildung von Cyan und andern Stickstoffverbindungen oder wird unmittelbar in Wasserstoff und Stickstoff zerlegt. Alle Stickstoffverbindungen entlassen aber nur höchst selten ihren Stickstoff frei; meistens geschieht es, dass sie zuletzt in Ammoniak übergehen, so dass wir als das Endresultat angehen können: Beisahl aller Stickstoff, welcher an den organischen Processen Antheil genommen hatte (den nicht gerechnet, welchen die Pflanzen während ihres Wachstums entlassen), nimmt zuletzt die Form von Ammoniak an. Sollten folglich die Pflanzen eine grössere Menge atmosphärischen Stickstoff in ihren Organen zurückbehalten, als sich derselbe daraus in verschiedenen Processen frei entwickelt (nämlich bei der Zerlegung der Stickstoffverbindungen), so würde sich die Gesamtmasse von Ammoniak stets vermehren, die des freien Stickstoffs aber vermindern und zuletzt die procentige Zusammensetzung der Atmosphäre sich verändern. Da wir aber gar keine Beweise für eine solche stete Veränderung der Atmosphäre haben, so ist damit

jeder zu ausgedehnte Antheil des atmosphärischen Stickstoffs zu den organischen Processen abgewiesen.

Die Pflanzen üben demnach einen geringen Einfluss auf den Stickstoff der Atmosphäre aus. Die organischen Substanzen stellen nämlich bei ihrer Verwesung das Gleichgewicht der Atmosphäre dadurch her, dass sie eine gewisse Quantität freien Stickstoff binden und somit die durch das Freiwerden von Stickstoff bei chemischen Processen vermehrte Masse desselben wieder vermindern. Sie verbinden aber eine grössere Menge Stickstoff mit Sauerstoff und Wasserstoff, als zur Wiederherstellung dieses Gleichgewichts nöthig ist, und die dadurch besetzte Verminderung des Stickstoffgehalts der Atmosphäre wird durch die Vegetation wieder ausgeglichen.

2. Anders verhält es sich mit dem Ammoniak. Hier ist der Einfluss der Pflanzen auf die Atmosphäre bei weitem grösser und der Dienst, welchen sie den Thieren erweisen, unverkennbar.

Die Thiere enthalten in ihren stickstoffhaltigen näheren Bestandtheilen die Elemente des Ammoniaks, die sie durch die Harnabsonderung, im Harn und in den Excrementen zum Theil wieder von sich geben, und welche, nachdem sie ausserhalb des Körpers wieder Ammoniak gebildet haben, den Ammoniakgehalt der Atmosphäre vermindern. Aller Stickstoff im Thierkörper gelangt in diesen durch die Pflanzen, diese haben denselben aus dem eingesogenen Ammoniak erhalten und in den Proteilverbindungen ihres Körpers abgelegt.

Auf die Atmosphäre wirken hier die Pflanzen dadurch ein, dass sie das von den Thieren und in verschiedenen Processen entwickelte Ammoniak der Atmosphäre wieder entziehen, es eine Zeit lang (vom Anfange der Vegetation bis zur Verwesung organischer Substanzen) im Bereiche des organischen Lebens modificirt zurück halten und auf solche Weise das gestörte Gleichgewicht der Atmosphäre wieder herstellen.

Dieses Gleichgewicht ist dennoch für das animalische Leben von keiner so grossen Wichtigkeit, als es in Bezug auf Kohlensäure und Sauerstoff gesagt wurde. Die Gesamtmenge von Ammoniak ist zu unbedeutend, als dass sie die Atmosphäre zum Leben der Thiere untauglich machen könnte; und selbst nicht einmal im Falle, wenn sie sich auch ganz in der Atmosphäre verbreiten sollte. Letzteres kann jedoch niemals stattfinden, da die grosse Verwandtschaft des Wassers zum Ammoniak und die Anziehungskraft der porösen Körper den Ammoniakgehalt der Atmosphäre fortwährend auf das Minimum zurückführen, und dieselbe somit auch ohne Zutheil der Pflanzen davon befreien.

Die Pflanzen bedingen sowohl die Existenz der Thiere wesentlich dadurch, dass sie denselben in den Proteinverbindungen das Material darbieten, aus welchem die animalischen stickstoffhaltigen Producte hierauf gebildet werden.

§. 9.

Das Verhältniss der Pflanzen zum Wasser.

Die Atmosphäre enthält eine veränderliche Menge Wasserdampf<sup>(1)</sup>, der auf verschiedene Weise von den organisierten Wesen benutzt wird. Bei den Pflanzen geht die Aufnahme von Nahrungsstoffen und bei den Thieren der Uebergang derselben in Blut nur in flüssiger und Gasform vor sich. Die Pflanzensäfte und das Blut bestehen nur aus mehr oder weniger concentrirten Auflösungen verschiedener Substanzen im Wasser, in welchem noch dazu manche feste Körper in Suspension bleiben<sup>(2)</sup>; selbst feste Gebilde in beiden organischen Reichen enthalten eine bedeutende Quantität Wasser als solches oder in seine Elemente zerlegt<sup>(3)</sup>. Ohne Wasser ist das Leben auf der Erde nicht denkbar.

---

(1) Zwischen 0 und vielleicht  $\frac{1}{2}$  der gesauuten Luft, da bei grosser Kälte die Luft vielleicht kaum  $0^{\circ}$ , 1 Linie Wasserdampf erhält, und gewiss sehr selten bei einer Temperatur von  $30^{\circ}$  C gesättigt ist, bei welcher die Elasticität des Dampfes 14<sup>mm</sup> ist.

(2) Blutkörperchen bei Thieren, Chlorophyll etc. bei Pflanzen.

(3) Fleisch enthält durchschnittlich 77 Procent — Sprengel, die Leinwand von Dünger S. 151. Pflanzenfaser besteht aus Cellulose ( $C_{12} H_{21} O_{10}$ ) und inkristallisirtem Stoff ( $C_{12} H_{23} O_{11}$ ); es enthält also eine bedeutende Menge Wasserstoff und Wasserstoff, welche freilich nur zum Theil in Form von Wasser darin befindlich sind. Mulder S. 223.

Das zur Erhaltung des Lebens nöthige Wasser empfangen die Thiere theils unmittelbar aus den Gewässern, theils in ihrer Nahrung, die ursprünglich aus den Pflanzen hersteht; die letzteren ziehen es zum grössten Theil aus dem Boden, und da dieses Wasser aus der Atmosphäre als Regen, Schnee oder Thau in den Boden gelangt, oder als Dampf angezogen wird, so üben die Pflanzen auch hier einen mittelbaren Einfluss auf die Atmosphäre aus<sup>(1)</sup>. Dieser Einfluss ist aber bei weitem nicht so gross, wie der, welchen die Pflanzen auf andere Bestandtheile der Atmosphäre (Stickstoff etwa ausgenommen) ausüben.

Der grösste Theil des von den Pflanzen eingesogenen Wassers verdunstet bald durch die Spaltöffnungen der Blätter oder durch die ganze Oberfläche der Gewächse und verbreitet sich in der Atmosphäre: diese bekommt also von den Pflanzen das Wasser zurück, welches ihr früher der Boden entzogen hat. Es ist dies der von uns überall angetroffene Kreislauf; das Wasser vollendet ihn aber weit schneller als Sauerstoff, Kohlensäure und Ammoniak. Das in die Luft gelangende Wasser löst sich bald zur Erde nieder, wenn die Temperatur der Luft vermindert, die Masse des in dieser enthaltenen Wasserdampfes zu gross wird, oder der hygroskopische Zustand des Bodens die Anziehung von Feuchtigkeit veranlasst. Die Pflanz-

---

(1) Einen unmittelbaren Einfluss üben die Pflanzenstämme und Theile aus, welche den Wasserdampf gerade aus der Atmosphäre, ohne Vermittlung des Bodens, anziehen.

zen beschleunigen nur den Uebergang des Wassers aus dem Boden in die Atmosphäre; die erwähnten physikalischen Ursachen bringen Alles wieder in den früheren Zustand zurück.

Keine bedeutende Masse von Wasser festzuhalten freilich die Pflanzen und durch ihre Vermittlung auch die Thiere in ihrem Organismus, und dies ist als Maass des Einflusses der Gewächse auf den Wassergehalt der Atmosphäre anzusehen, weil das Wasser hier eben so lange, wie die anderen Bestandtheile derselben, im Bereich des organischen Lebens zurückgehalten wird.

Wäre die Luft die einzige Wasserquelle auf der Erde, so würde der Einfluss der Pflanzen auf dieselbe weit bedeutender sein, als er jetzt ist; wir würden uns dann ebenfalls (so wie es von der Kohlensäure gesagt wurde) die Gesamtmasse von Wasser in zwei Gruppen vertheilt denken können: eine in der Atmosphäre und dem Boden und eine andere in den organischen Körpern.

Aus der ersten Gruppe tritt das Wasser durch die Wurzeln der Pflanzen in die zweite, durch Ausdünstung bei der Vegetation und durch das Reifwerden derselben, durch die Hautausdünstung, durch die Thätigkeit der Harnwerkzeuge und Respirationsorgane der Thiere, aus der zweiten Gruppe wieder in die erstere: der Einfluss der Pflanzen auf das Gleichgewicht der Atmosphäre würde dann augenscheinlich sein.

Es existirt aber ausser der Atmosphäre ein bei weitem grösserer Wasserbehälter in den Meeren und Landgewässern: bei jeder Veränderung in der Temperatur oder Hygroskopicität der Atmo-

sphäre zieht dies eine entsprechende Menge Wasser aus den Gewässern, zum Theil auch aus dem Boden ein, oder gibt es die eine solche ab. Die Pflanzen spielen dabei eine untergeordnete Rolle: entziehen sie dem Boden Wasser, so nimmt dieser eben so viel aus der Atmosphäre und die letztere wieder aus den Gewässern her. Der Wassergehalt der Atmosphäre braucht sich dabei gar nicht zu verändern, wenn nur andere Umstände dieselben bleiben.

Die Einwirkung der Pflanzen wird noch dadurch beschränkt, dass die Thiere eine Masse Wassers unmittelbar aus den Gewässern zu sich nehmen und es bald darauf zum grossen Theil in die Atmosphäre entlassen. Sie treten hier in dasselbe Verhältnis zum Wasser, wie die Pflanzen selbst: sie lassen dasselbe nämlich einen Kreislauf mitmachen. Dieser Kreislauf ist aber, wie gesagt, von keiner Bedeutung auf den Wassergehalt der Atmosphäre, weil dieser von der physikalischen Beschaffenheit derselben, von den rein physikalischen Einwirkungen abhängt, welche die Atmosphäre von den Umgebungen erleidet und die unermessliche Menge Wasser auf der Erde jede Anomalie schnell ausgleicht.

Aber die Pflanzen verändern diese Beschaffenheit der Atmosphäre, sie modificiren die Einwirkungen des Bodens, der Temperatur, Electricität, des Lichtes und dergleichen mehr: sie wirken also indirect auf den Wassergehalt der Atmosphäre ein.

Vergleichen wir Districte miteinander, in welchen die Vegetation verschieden entwickelt ist,

so werden wir in ihnen einen Unterschied im Wassergehalt der Luft bemerken. Eine Sandwüste leidet gewöhnlich an Wassermangel; der Boden derselben hat eine nur geringe Hygroscopicität und vermag nicht viel Feuchtigkeit anzuziehen; die mit derselben geschwängerte Luft zieht über ihn fort, ohne eine nennhafte Menge zurückzulassen. Bei einer Veränderung der Temperatur erfolgt nicht immer ein Regen, weil die Luft verhältnissmässig nur wenig Wasser enthält und es auch bei niederen Graden von Wärme noch ganz als Dampf behalten kann. Das etwa in den Boden gelangende Wasser wird bald von den ungehindert wirkenden Sonnenstrahlen oder trockenen Winden herausgetrieben, und da die Luft unter solchen Umständen nicht häufig das Maximum an Wasserdampf enthält, so entzieht sie dasselbe schon von selbst dem Boden. Eben dasselbe und noch mehr geschieht in den Landströcken, welche einen nackten Felsenboden haben; hat aber der Boden eine grössere wasseranziehende und wasserhaltende Kraft, so ist das Resultat ein ganz anderes. Das Anziehen von Wasser geschieht dort leichter, das Verdunsten langsamer; die niedrigsten Schichten der Atmosphäre erhalten dadurch fortwährend eine grössere Menge Wasser, als sie sonst haben würden; das Regenwasser verliert sich nicht so schnell, zieht sich mehr in die Tiefe und kommt irgendwo als Quelle zu Tage, deren Verdunstung die Luft mit einem beständigen Wasservorrath versorgt. Ein solcher Boden ist aber nie von Pflanzen entblösst; verwandelt sich der Boden einer Wüste mit der

Zeit in den zuletzt erwähnten, so erschienen gleich darauf die Pflanzen und vermehren noch den Wassergehalt der Luft, entziehen dem Boden Wasser und gehen dieses an die Atmosphäre ab, beschleunigen also die Verdunstung desselben; diese Verdunstung aber, die nicht allein durch Temperaturerhöhung hervorgebracht ist, verbreitet den Wasserdampf keineswegs in der ganzen Atmosphäre, welche davon eine genügende Menge enthalten kann, sondern list ihn in den unteren Regionen schweben. Der Boden, einer Menge Wassers beraubt, zieht dieses wieder an und verhindert dadurch sein Entweichen: durch dieses fortwährende Verdunsten und Anziehen von Wasser müssen aber die unteren Luftschichten eine wenn auch mässige Feuchtigkeit erlangen. Indem die Pflanzen den Boden beschatten, schützen sie ihn vor zu starken Einwirkungen der Luft, der Wärme und des Lichtes, und verhindern dadurch das Entweichen einer Menge flüchtiger Bodenbestandtheile, welche zum Gedröhen der Pflanzen erforderlich sind.

Was von den Pflanzen überhaupt gesagt wurde, finden wir bei den Wäldern in einem noch höhern Grade. Sie bilden eine Wasserräumeosphäre um sich durch die starke Ausdünstung ihrer Blätter und tragen mittelbar zur Vermehrung des Wassergehaltes der Luft bei, indem sie den Winden, welche den Wasserdampf fortreiben könnten, ein Hinderniss entgegenstellen. Die jungen Pflanzen und Bäume dunsten Wasser aus, welches durch den dichten Stand der Bäume fortzuführen verhindert, in niederen Luftregionen schwebt, sich später

niederläßt und Sümpfe bildet, welche wiederum durch ihre Verdunstung die Atmosphäre mit Wasserdampf erfüllen. Ebenso verliert sich Regenwasser nicht so schnell, es zieht sich in die Tiefe und durch Bildung von Quellen versorgt es auch die entferntesten Strecken Land mit Wasser.

Der Einfluß der Pflanzen ist hier aber nur örtlich, und von keiner so hohen Bedeutung, als es in Bezug auf andere Bestandtheile der Atmosphäre gesagt wurde.

---

Nachdem wir diesen Gegenstand nach Möglichkeit beleuchtet haben, können wir uns den Einfluß der Pflanzen auf die Atmosphäre folgendermassen anschaulich machen.

Was nur in den Kreislauf der organischen Prozesse eintritt, hält sich im Gleichgewichte oder eigentlich in ewigem Hin- und Herschwenken. Die Pflanzen entziehen der Atmosphäre (sei es unmittelbar oder durch den Boden) einige Quantität ihrer Bestandtheile, verarbeiten diese auf verschiedene Weise und gehen sie wieder bei den Gährungs- und Verbrennungsprocessen oder durch die Thiere an dieselbe zurück.

Das, was sich der Einwirkung des Lebens entzieht, macht eben so auch einen, obwohl nicht so leicht darzustellenden Kreislauf, und die Zusammensetzung der Atmosphäre bleibt (vielleicht bis auf einen verschwindend kleinen Unterschied) zwischen den bestimmten Grenzen stehen.

---