

## IX. Der Kreislauf des Stoffes.

### Einleitung.

Die Fortschritte der Naturwissenschaften haben uns gerade in den letzten Jahrzehnten eine große Menge der gebiegensten Schöpfungen gebracht, Errungenschaften, deren Betrachtung uns Angesichts der Theiligung dieser Wissenschaften an den philosophischen Kämpfen der Gegenwart zu den kühnsten Hoffnungen berechtigt in Bezug auf Lösung philosophischer Probleme. — Wir leben also in einem Zeitabschnitte, der wohl als Wendepunkt in der Entwicklung des menschlichen Geistes angesehen werden kann; dafür spricht wenigstens die derzeitige große Bewegung auf dem Gebiete der realistischen Philosophie.

Es läßt sich gewiß nicht verkennen, daß diese Bewegung von weit größerer reformatorischer Bedeutung und Tragweite für die Zukunft sein wird, als frühere ähnliche, indem dieselbe einen ganz anderen, weit umfassenderen und solideren Boden hat. Während nämlich die früheren geistigen Strömungen hauptsächlich im *lóyos* fußten, wurzeln die Grundlagen der heutigen Bewegung, die Naturwissenschaften, in dem unerschütterlichen und allen Zweifel besiegenden Boden der Thatfachen, indem die wahre naturwissenschaftliche Forschung nur auf dem Wege der Erfahrung schreitet und von den Axiomen der speculativen Forschung nicht die geringste Notiz nimmt.

Durch die Naturwissenschaften wird dem Menschen die Möglichkeit, dasjenige, was er als unmittelbare Thatfache in und außer sich erfährt, also das Selbst und die Dinge außer ihm, näher kennen zu lernen. Mit dieser Erkenntniß ist aber die Erkenntniß der Mittel, welche zur Befriedigung der geistigen und körperlichen Bedürfnisse des Menschen dienen, enge verknüpft und es ist somit das Studium der Naturwissenschaften ein Hauptmittel zur Förderung der menschlichen Gesamtinteressen.

Die Bedeutung derselben in dem eben berührten Sinne ist jetzt allenthalben erfasst; dafür zeugen die theils schon getroffenen, theils noch zu erwartenden Einrichtungen bezüglich Einführung des naturwissenschaftlichen Unterrichtes in den Vorbereitungs- und Mittelschulen,

dafür zeugen die jetzt an so vielen Orten bestehenden naturwissenschaftlichen Vereine.

Die Tendenz dieser Vereine, den Sinn für das Studium der Naturwissenschaften zu beleben, die zur Betreibung desselben nothwendigen Attribute zu beschaffen und so diese Wissenschaften zum Gemeingut Aller zu machen, kann von keinem vorurtheilsfreien Denker unterschätzt werden.

Liebig sagt in Bezug auf die Verbreitung der Naturwissenschaften:

„Die höchsten materiellen Interessen, die gesteigerte und vortheilhafte Hervorbringung von Nahrung für Menschen und Thiere, die Erhaltung und Wiederherstellung der Gesundheit, sie sind auf's engste geknüpft an die Verbreitung und das Studium der Naturwissenschaften; ohne die Kenntniß der Naturgesetze scheitert der menschliche Geist in dem Versuche, sich eine Vorstellung über die Größe und unergründliche Weisheit des Schöpfers zu machen; denn Alles, was die reichste Phantasie, die höchste Geistesbildung an Bildern nur zu ersinnen vermag, erscheint, gegen die Wirklichkeit gehalten, wie eine bunte, schillernde, inhaltslose Seifenblase.“

Bezüglich der Gründung von Schulen, in denen Naturwissenschaften gelehrt werden, sagt dieser Forscher:

„Es wird sich aus ihnen (den Schulen) eine kräftigere Generation entwickeln, kräftiger am Verstand und Geiste, fähig und empfänglich für Alles, was wahrhaft groß und fruchtbringend ist. Durch sie werden die Hilfsmittel der Staaten zunehmen, in ihnen ihr Vermögen und ihre Kraft wachsen und wenn der Mensch im Drucke seiner Existenz erleichtert, von den Schwierigkeiten nicht mehr überwältigt wird, die irdischen Sorgen zu tragen und zu beseitigen, dann erst wird sich sein Sinn, reiner und geläutert, dem Höhern und Höchsten zuwenden können.“ (Chem. Briefe.)

Die oben berührten Beweggründe waren auch bestimmend bei der Bildung des botanischen Vereines in Landshut, und obwohl sich dieser Verein, einem richtigen, systematischen Gange des Studiums der Botanik überhaupt entsprechend, vorläufig hauptsächlich mit der Phytognosie beschäftigte, so wurde doch auch schon dem Studium der Naturlehre der Pflanzen nach Thunlichkeit Rechnung getragen und auch die Besprechung allgemein naturwissenschaftlicher Fragen blieb nicht ausgeschlossen.

Dem Schreiber dieses wurde die ehrende Aufgabe, die Metamorphosen des Stoffes überhaupt und besonders die phytochemische Abtheilung derselben in mehreren Vorträgen zu behandeln.

In der nachstehenden Abhandlung sind nun die einzelnen Punkte dieses Themas nach den Hauptumrissen skizzirt und so zusammengestellt, daß sie die Unterabtheilungen des Hauptgedankens „Kreislauf des Stoffes“ darstellen.

### Allgemeines.

Die Chemie kennt bis jetzt 64 Grundstoffe, oder Elemente. Sie versteht unter Grundstoffen solche Körper, welche mit den gegenwärtigen Hilfsmitteln der chem. Analyse nicht weiter zerlegt werden konnten. Es ist indessen nicht unwahrscheinlich, daß bei weiterer Vervollkommnung dieser Hilfsmittel die Zahl der Grundstoffe noch eine größere wird und daß vielleicht Körper, welche wir vorläufig als Elemente ansehen, weiter zerlegt werden. \*)

Jeder im Bereiche der Anziehungskraft der Erde vorhandene Körper nun, gleichgültig, ob Mensch, Thier, Pflanze oder Mineral, gleichgültig, ob unmittelbares Erzeugniß der Natur, oder höchstpotenzirtes Kunstprodukt, besteht aus einer gewissen Menge dieser Grundstoffe. Die einen Körper enthalten davon mehr, die andern weniger. Körper, die gleiche Zahl von Grundstoffen enthalten, enthalten diese auch in gleichen oder in ungleichen Gewichtsverhältnissen. In Körpern endlich, in welchen die gleichen Elemente und diese in gleichen Gewichtsverhältnissen vorkommen, können die Atome dieser Grundstoffe gleich, oder verschieden gruppirt sein. Aus diesen Umständen erklärt sich die Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit der Stoffe in Bezug auf Form und Eigenschaften.

Die 64 Grundstoffe, welche die Erde und die Erdatmosphäre bilden, bleiben sich in ihrer Quantität ewig gleich; kein Atom von der ganzen Masse kann je vernichtet werden. Das Gewicht der Erde mit ihrer Atmosphäre ist heute noch ganz dasselbe, wie vor tausend und vor hunderttausend Jahren. Das Wort Vernichtung, mit welchem man

---

\*) Mehrere Grundstoffe wurden erst in der neuesten Zeit entdeckt, so das Caesium und das Rubidium, entdeckt in den Jahren 1860 und 61 von Kirchhoff und Bunsen mit Hilfe der Spectralanalyse; auf demselben Wege entdeckte Crookes im Jahre 1861 das Thallium. Die Entdeckung des Indiums durch Reich und Richter geschah, und zwar ebenfalls mittelst des Spectrums, erst im Jahr 1863.

gewöhnlich das scheinbare Verschwinden der Materie bezeichnet, existirt für den Naturforscher nicht in dieser Bedeutung. Für ihn ist der Uebergang des Seienden in das scheinbare Nichtsein nichts Anderes, als eine Aenderung der Form und Mischung des jeweiligen Körpers, ein Uebergang desselben in eine neue Form und Mischung. Diese neue Form unterliegt wieder denselben Veränderungen, geht wieder über in andere Verbindungen u. s. w. Die Bestandtheile des ursprünglichen Körpers sind also nicht verloren gegangen, sie haben nicht aufgehört zu sein.

Die Verbrennung, Verwesung, Fäulniß, Gährung organischer Körper, durch welche Prozesse bekanntlich Stoffe vor unseren Augen verschwinden, bestehen in nichts Anderem, als in einem solchen Wechsel der Form und Mischung. Der Chemiker bezeichnet diese Vorgänge mit dem Namen Zersetzung. Wenn z. B. bei der weingeistigen Gährung der Traubenzucker in Weingeist und Kohlensäure übergeht, so hat wohl der Traubenzucker als solcher aufgehört zu sein; seine Bestandtheile indeß, nämlich der Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen in den gebildeten neuen Körpern, „Weingeist und Kohlensäure“ fort. Die Bestandtheile des Traubenzuckers haben also nur ihren Platz gewechselt, sie haben sich anders gruppiert. Zersetzung und Uebergang in andere Formen, neue Gruppierung der vorhanden gewesenen Bestandtheile der Körper, sie sind der Inbegriff aller stofflichen Bewegung auf Erden!

Die Bestandtheile der Luft, des Wassers und der Erde werden zu Bestandtheilen der Pflanzen, werden mittelbar zu Bestandtheilen des Menschen und der Thiere, und Mensch, Thier und Pflanze verweseln und werden wieder zu Bestandtheilen der Luft, des Wassers und der Erde. „Boden und Atmosphäre, Pflanzen, Thiere stehen in einer ununterbrochenen Wechselwirkung. Durch die Pflanzen hängen der Mensch und das Thier unmittelbar mit dem Acker zusammen; die Pflanzen sind unsere Wurzeln, durch welche wir die Bestandtheile unseres Körpers aus dem Felde saugen.“ (Moleschott).

Der Kohlenstoff der Kohlensäure der Luft wird zum Kohlenstoff des Stärkmehls, des Zuckers, der Pflanzenfette, zum Kohlenstoff der Albuminate in den Pflanzen. Mensch und Thier genießen mit der Pflanze diesen Kohlenstoff; er wird also Bestandtheil des menschlichen und des thierischen Körpers und kehrt schließlich nach erfolgter Verwesung des Menschen und des Thieres in derselben Verbindung, in

welcher er der Luft entnommen wurde, in der Form von Kohlen säure, wieder in diese zurück.

Die Pflanzen bedürfen zu ihrem Bestehen gewisse mineralische Stoffe, so z. B. Kali und Phosphorsäure; sie empfangen dieselben aus dem Boden. Bei der Aufnahme von Pflanzennahrungsmitteln gelangt dieses Kali und diese Phosphorsäure in den menschlichen und thierischen Organismus und durch die Verwesung dieser Organismen fallen sie wieder an den Boden zurück, von welchem sie stammten.

Durch die Verwesung also nehmen die Elemente der Menschen, der Thiere und der Pflanzen ihre ursprüngliche Form wieder an, in der sie einer neuen Generation als Nahrungsmittel dienen können; diejenigen, welche aus der Luft stammen, kehren in die Atmosphäre, die, welche die Erde lieferte, kehren in diese zurück. Der Tod, die Auflösung einer untergegangenen Generation, ist die Quelle des Lebens für eine neue. Das nämliche Kohlenstoffatom, welches als Bestandtheil der Muskelfaser im Herzen eines Menschen das Blut durch dessen Ader treibt, es war vielleicht ein Bestandtheil des Herzens eines seiner Vorfahren, das Stickstoffatom in unserm Gehirne, es war vielleicht ein Bestandtheil des Gehirns eines Aegypters, eines Negers. (Liebig.)

Luft und Pflanzen, Thiere und Menschen reichen sich überall die Hände, reinigen, verjüngen, entwickeln und veredeln sich, so, daß jedes Einzelwesen nur der Gattung zum Opfer fällt und der Tod selbst nichts ist, als die Unsterblichkeit des Kreislaufs. (Moleschott.)

Die quantitative Unveränderlichkeit der Kräfte hat ein Analogon in der quantitativen Unveränderlichkeit der Stoffe, von welchen die Kräfte ausgehen. Gerade so, wie die Kräfte unvergänglich sind, wie ihr scheinbares Verschwinden nur eine Wandelung derselben ist, so auch das scheinbare Verschwinden des Stoffes nur eine Wandelung desselben. Wie die Kraft von uns weder geschaffen noch vernichtet werden kann, so kann auch die Materie weder geschaffen noch zerstört werden, und es gilt somit das „causa aequat effectum“ auch für die Materie, nur in einem andern Sinne.

Betrachtet man diese ewige Wiederholung der progressiven und dann wieder regressiven Wandelung des Stoffes in ihren Endwirkungen, so kann man sagen: „Alle materielle Thätigkeit auf unserm Planeten besteht darin, daß das Unorganische organisch wird, um wieder unorganisch zu werden.“ In diesen beiden Sätzen ist das Gesetz vom

Kreislauf des Stoffes ausgedrückt. Was man im Gesamtgebiete der Natur Kreislauf des Stoffes nennt, das bezeichnet man im organischen, lebenden Individuum mit dem Namen Stoffwechsel. Kein organisches Wesen, angefangen bei der niedersten Pflanzenzelle und hinauf die lange, lange Stufenleiter bis zum Menschen kann bestehen ohne Stoffumsatz. Es gibt keine organische Thätigkeit ohne Stoffumsatz! — Die Befruchtung der Keimzelle im Oogonium der niedersten Kryptogamen-Pflanze, sie erfolgt unter Stoffumsatz; die animalen Thätigkeiten des Menschen und der Thiere, die geistigen Thätigkeiten: Vorstellen, Dichten, Denken des Menschen, sie sind geknüpft an chemische Differenz, an gewisse Veränderungen der Bestandtheile des thätigen Organes.

Die Wanderung des Stoffes von dem Momente an, wo er Bestandtheil des pflanzlichen oder thierischen Organismus geworden, bis zu jenem, wo er aus demselben wieder austritt, nennt man Stoffwechsel und unterscheidet demnach einen Stoffwechsel in der Pflanze und einen solchen im Thiere.

## I. Stoffwechsel in der Pflanze.

### A. Bildung organischer Verbindungen.

Menschen und Thiere sind trotz ihres complicirten Baues, trotz der wunderbaren Einrichtung ihrer Organismen nicht im Stande, von unorganischen Körpern zu leben; sie vermögen nicht unorganische Bestandtheile in ihrem Körper zu organischen umzubilden. Diese Funktion ist den Pflanzen zugewiesen worden und mit ihnen beginnt also das organische Leben.

Wenn man Pflanzen verbrennt, so verwandelt sich der größte Theil ihrer Masse in gewisse Gase, welche in die Luft entweichen, und nur eine kleine Menge bleibt als Asche zurück. Analysirt man diese Asche und mit ihr zugleich eine Quantität des Bodens, auf welchem die Pflanzen gewachsen sind, so zeigt sich, daß sämtliche Bestandtheile dieser Asche auch in dem Boden, auf welchem die Pflanzen sich gebildet haben, enthalten sind, daß sie also keineswegs den Pflanzen allein angehören. Anders verhält es sich jedoch mit jenem Theile der Pflanzen, welcher in Gasform in die Luft entwichen ist. Die Bestandtheile derselben waren nämlich organische Verbindungen z. B. Kohlenhydrate, Albuminate u. s. w., welche man weder im Boden, noch in der Luft,

noch im Wasser findet; es kann somit der Ort ihrer Entstehung nicht außerhalb der Pflanze in der sie umgebenden Materie gesucht werden, sondern es ist keine andere Möglichkeit gegeben, als daß diese sogenannten organischen Stoffe erst in der Pflanze durch den Lebensprozeß derselben gebildet wurden und zwar aus unorganischen Materien.

Woher erhält nun aber die Pflanze die zu ihrer Bildung benötigten Stoffe, oder mit andern Worten: was sind die Nahrungsmittel der Pflanzen?

Die Pflanze kann das Bildungsmaterial zum Aufbau ihres Leibes nur solchen Körpern entnehmen, mit welchen sie in Wechselwirkung tritt. In Wechselwirkung aber tritt sie mit der atmosphärischen Luft, mit dem Wasser und mit dem Boden.

Die Bestandtheile der atmosphärischen Luft können von der Land- und Parasitenpflanze unmittelbar aus der Luft aufgenommen werden; die Wasserpflanze kann sie aus der im Wasser gelösten Luft aufnehmen. Wasser kann die Landpflanze aus dem Boden als Bodenfeuchtigkeit und aus der atmosphärischen Luft als Wasserdampf aufnehmen; die Schmarogerpflanze steht zum atmosphärischen Wasser in derselben einfachen Beziehung, wie die Landpflanze; außerdem kann sie Wasser aus derjenigen Pflanze aufnehmen, auf welcher sie schmarogt. Die Wasserpflanze endlich lebt ja im Wasser. Die Bestandtheile des Bodens, welche die Pflanze zu ihrer Erhaltung bedarf, kann die Landpflanze durch ihre Wurzeln aufnehmen, die Schmarogerpflanze erhält sie mittelbar von derjenigen Pflanze, auf welcher sie lebt; die Wasserpflanze kann sie im gelösten Zustande dem Wasser entnehmen.

Was nun die näheren unorganischen Bestandtheile, welche die Pflanzen den drei Nahrungsquellen, Luft, Wasser und Boden, entziehen, um aus ihnen ihre organischen Stoffe zu bilden, betrifft, so ist sehr einleuchtend, daß diese nur solche sein können, welche die Elemente des Pflanzenleibes enthalten. In Bezug auf die Elemente des Pflanzenleibes aber gibt uns die Chemie genügend Aufschluß, indem die Elementaranalyse organischer Körper uns die verbrennlichen Elemente der Pflanzen und die Analyse unorganischer Körper uns deren unverbrennliche Elemente kennen lehrt. Mit der Kenntniß der chemischen Zusammensetzung der Pflanzen erhält man natürlich das Material zur Auffindung und Bezeichnung derjenigen unorganischen Gebilde, aus welchen der Pflanzenorganismus entsteht.

Der verbrennliche Theil organischer Verbindungen, mögen dieselben heißen, wie sie immer wollen, besteht aus nur fünf Grundstoffen. Einige organische Verbindungen bestehen aus nur zweien dieser Grundstoffe, andere aus dreien, wieder andere aus vierten und andere endlich aus allen fünfen. Nachstehendes Schema möge die Anordnung der Elemente organischer Verbindungen veranschaulichen.

Die organischen Pflanzenstoffe bestehen aus:

Kohlenstoff	}	Kohlenstoff	}	Kohlenstoff	}
Sauerstoff	}	Wasserstoff	}	Stickstoff	}
Kohlenstoff	}	Kohlenstoff	}	Kohlenstoff	}
Wasserstoff	}	Stickstoff	}	Stickstoff	}
Sauerstoff	}	Sauerstoff	}	Wasserstoff	}
Kohlenstoff	}	Kohlenstoff	}	Kohlenstoff	}
Wasserstoff	}	Wasserstoff	}	Wasserstoff	}
Schwefel	}	Stickstoff	}	Stickstoff	}
		Sauerstoff	}	Schwefel	}
		Kohlenstoff	}		
		Wasserstoff	}		
		Sauerstoff	}		
		Stickstoff	}		
		Schwefel	}		

Neben den sogenannten verbrennlichen Stoffen enthält jede Pflanze, wie bereits bemerkt, noch unverbrennliche Bestandtheile. Diese Verbindungen sind für die Erhaltung des Lebens, für die Entwicklung der Pflanzen ebenso unentbehrlich, wie die vorstehend aufgeführten sogenannten organischen Elemente.

Die in den Pflanzen vorkommenden unorganischen Verbindungen sind folgende: Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Kieselsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure, Chlor, Eisen, Mangan und geringe Mengen Fluor; ferner Brom und Jod in den Seepflanzen. Auch Thonerde und Baryt hat man in der Asche gewisser Pflanzen entdeckt. Borsaure scheint ebenfalls im Pflanzenreiche vorzukommen. Wittstein und Apoiger fanden sie in den Samen von *Maesa picta*, einer Pflanze aus der Familie der Primulaceen. Man entdeckte ferner auch salpetersaure Salze in dem Saft mehrerer Pflanzen, so in *Borago officinalis*, *Cochlearia officinalis*, *Mesembrianthemum crystallinum*, *Apium*

graveolens, Hyoscyamus niger, dann in der Nessel, in den Blättern der Rüben, Sonnenblumen und des Tabaks. Auch Arsenik wurde in Pflanzenaschen entdeckt. Stein fand Arsenik in der Asche von Holzkohlen, von Kiefernholz, Roggenstroh, von Blättern des Kohlkopfes (*Brassica oleracea*), von der Wurzel der weißen Rübe, (*Brassica rapa*) u. s. w.

Wahrscheinlich kommen noch manche andere Stoffe in den Pflanzen vor. Schon im Jahr 1828 sagte Sprengel, daß dereinst höchst wahrscheinlich genaue chemische Analysen auch das Vorhandensein von Strontian, Lithion, Beryllerde und andern Körpern in den Pflanzen darthun werden. Die Spectralanalyse dürfte so recht geeignet sein, diese Frage zum Abschluß zu bringen, da bekanntlich sie es gestattet, Körper, wenn dieselben auch in außerordentlich geringer Menge vorhanden sind, noch mit Sicherheit zu bestimmen. Man ist im Stande, mit Hilfe der Spectralanalyse noch ein Dreimilliontel Milligramm Natronsalz und ein Neunmilliontel Milligramm Lithiumsalz mit größter Schärfe zu erkennen, und gerade bezüglich des sonst so wenig bekannten Lithiums ist schon erwiesen, daß es eines der verbreitetsten Elemente ist und in verschiedenen Quellwassern, Pflanzen- und Thieraschen z. B. in Milch und Blut der Säugethiere vorkommt.

Was die in den Pflanzenaschen vorkommenden kohlenfauren Salze betrifft, so stammen diese wohl zum größten Theile von der Verwandlung der Salze organischer Säuren in kohlenfaure Salze durch den Verbrennungsprozeß und sind daher in der lebenden Pflanze nicht als solche enthalten.

Zu den wesentlichen unorganischen Bestandtheilen der Pflanzen ist auch das Wasser zu rechnen, welches der Menge nach einen großen Theil des Gewichtes der Pflanzen ausmacht. Manche Pflanzen enthalten davon 86—96 Procent ihrer ganzen Masse.

Nachdem die Bestandtheile der Pflanzen ermittelt sind, ist es nicht schwer, die Stoffe, aus welchen sich der Pflanzen-Organismus bildet, im Allgemeinen zu bezeichnen; es ist einleuchtend, daß die Bildung der Pflanzen abhängig ist

- 1) von der Aufnahme einer Kohlenstoffverbindung, welche ihnen den Kohlenstoff,
- 2) einer Wasserstoffverbindung, welche ihnen den Wasserstoff,
- 3) einer Stickstoffverbindung, welche ihnen den Stickstoff,
- 4) einer Schwefelverbindung, welche ihnen den Schwefel liefert;

- 5) von der Gegenwart von Sauerstoff, welcher zur Bildung sauerstoffhaltiger organischer Verbindungen nothwendig ist und endlich
- 6) von der Aufnahme von Wasser und jenen unorganischen Verbindungen, welche als in der Asche der Pflanzen enthalten bereits bezeichnet wurden.

Da nun die atmosphärische Luft, der Boden und das Wasser, wie oben angedeutet, die einzigen Medien sind, aus denen die Pflanzen ihr Bildungsmaterial beziehen können, so ist klar, daß diese Medien die angeführten Pflanzenbestandtheile enthalten müssen, und die unorganische Chemie zeigt, daß sie dieselben in der That enthalten.

Da die unverbrennlichen Bestandtheile der Pflanzen sämmtliche in dem Boden enthalten sind, so gestalten sich die Beziehungen der Pflanzen zu denselben natürlich ganz einfach, indem sie dieselben nämlich nur aus dem Boden aufzunehmen brauchen, was auch wirklich geschieht. Da fernerhin auch bekannt ist, daß sich die organischen Pflanzentheile aus unorganischen bilden, und ebenso welche Bestandtheile diese unorganischen Verbindungen im Allgemeinen enthalten müssen, so erübrigt weiterhin nur noch, die chemischen Charaktere dieser Verbindungen, beziehungsweise sie selbst näher kennen zu lernen und dann zu eruiren, in welcher Weise die Bildung organischer Pflanzentheile aus ihnen geschieht. Einer nähern Erörterung dieser Fragen möge jedoch hier noch die kurze Besprechung eines andern Gegenstandes vorausgehen, nämlich der viel discutirten Frage über die Beziehungen gewisser organischer Verbindungen zur Ernährung der Pflanzen.

Die Anschauung, daß nur unorganische Stoffe unmittelbare Pflanzenernährung sein können, hat ihre Begründung durch Liebig erhalten und die meisten Pflanzenphysiologen und Chemiker sind von der Richtigkeit derselben überzeugt. Ein Theil der Landwirthe jedoch hält sich noch an die sogenannte Humustheorie, nach welcher die Pflanzen auch organische Verbindungen direkt zu ihrer Bildung verwenden.

Da diese Theorie bis noch vor Kurzem eine bedeutende Rolle bei der Erklärung phytochemischer Prozesse spielte, so dürfte vielleicht eine kurze Erörterung derselben am Platze sein.

### Humustheorie.

Man versteht unter Humus eine Reihe brauner oder schwarzer, nicht krystallisirter Stoffe, die durch einen langsamen Verwesungsproceß

organischer Körper in der obern Bodenschichte der Ackererde gebildet wurden. Sie sind nicht flüchtig, wahrscheinlich alle ternär zusammengesetzt und bestehen demnach aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Ihrem chemischen Verhalten nach sind einige indifferent, andere schwach sauer, alle sind geschmack- und geruchlos. Für sich sind sie in Wasser beinahe unlöslich; mit Alkalien geben sie in Wasser lösliche Verbindungen, welche durch Säuren in braunen Flocken gefällt werden.

Die bis jetzt genauer bekannten Humuskörper sind folgende: Humin, Umin, Quellsäure, Quellsäure, Gëinsäure, Huminsäure und Uminsäure.

Wenn eine Erde eine große Quantität von diesen Humussubstanzen enthält, so heißt sie Dammerde.

An Orten, wo die Bildung des Humus ungestört von statten gehen kann, z. B. in Urwäldern, oder schon in dichten Laubholzwäldern, bedeckt er die Erde bisweilen bis zur Höhe von mehreren Fuß, in den Urwäldern Brasiliens erreicht er 12 — 15 Fuß Höhe.

Durch den Umstand, daß an Orten, wo verhältnißmäßig viel von diesen Humussubstanzen vorkommt, die Vegetation bei gleichzeitigem Vorhandensein von gewissen andern Bedingungen üppiger ist, als an andern Orten, welche humusarm sind, glaubte man sich zu dem Schlusse berechtigt, daß die Fruchtbarkeit solcher humusreichen Böden gerade durch den Humus bedingt sei, und zwar insofern, als die Pflanzen die Humus Säuren an Ammoniak gebunden direct aus dem Boden aufnehmen und als Nahrungstoffe verwenden, indem sie dieselben zu Bestandtheilen ihres Leibes umbilden.

Es läßt sich nun allerdings die günstige Wirkung des Humus nicht nur nicht in Abrede stellen, sondern dieselbe liegt vielmehr zu klar am Tage, als daß darüber noch Zweifel walten könnten; was aber die Art der Wirkung betrifft, so haben verschiedene Versuche und Beobachtungen der gediegensten Chemiker und Pflanzenphysiologen zu Resultaten geführt, welche mit der oben angeführten Behauptung der Anhänger der Humustheorie nicht in Einklang zu bringen sind.

Liebig gebührt vorzüglich das Verdienst, mehr Licht in diese Sache gebracht zu haben.

Auch Liebig negirt die günstige Wirkung des Humus auf die Vegetation keineswegs, er bestätigt sie vielmehr; geläugnet wird aber von ihm, daß die Pflanzen aus den Humuskörpern als solchen ihre organischen Bestandtheile bilden.

Es wurde von ihm nachgewiesen, daß die Humus Säuren, in Wasser für sich unlöslich, von den Pflanzen als solche nicht aufgenommen werden können und daß, wenn man annehmen wollte, daß die Alkalien und der Kalk im Boden die Aufnahme derselben bewirken, man dadurch noch keinen Beweis für den Ernährungswert der Humus hergestellt hätte, da auch in diesem Falle der Humus nur einen ganz geringen Bruchtheil dessen ausmachen würde, was die Pflanzen während ihrer Wachstumsperiode assimiliren. Man dürfe nur das Gewicht Humus, welches in einer bestimmten Fläche Culturland enthalten sei, (die Menge des Humus macht gewöhnlich 1 bis 2, selten mehr als 4 bis 5 Procent der völlig ausgetrockneten Erde aus) mit dem Gewichte der darauf gebauten organischen Substanz vergleichen, um zu der Ueberzeugung zu gelangen, daß die organische Masse im günstigsten Falle nur aus einer verschwindend kleinen Menge Humus entstanden sein könne.

Liebig macht ferner darauf aufmerksam, daß die ersten Pflanzen sich auch entwickelt haben, trotzdem damals noch kein Humus vorhanden gewesen sei. Aber auch jetzt gibt es noch viele Gewächse, die keinen Humus zur Nahrung haben und nichtsdestoweniger ganz gut gedeihen. Bei den Seegewächsen kann von einer Zufuhr von Humus durch die Wurzeln keine Rede sein; so kann z. B. die faustdicke Wurzel des Riefentangs aus einem nackten Felsstück, an dessen Oberfläche man nicht die geringste Veränderung wahrnimmt, gewiß keinen Humus aufnehmen. Diese Pflanze wird dessenungeachtet 360' hoch (Coof) und ein einziges Exemplar ernährt tausende von Seethieren.

Außerdem betont Liebig, daß die Humuslösungen auch bei sehr großer Verdünnung noch stark braun gefärbt seien, und doch könne man in den Wurzelsäften der Pflanzen eine derartige Färbung nicht entdecken; dann daß der Humus durch Austrocknen und Gefrieren seine Löslichkeit vollkommen verliere, daß endlich ein gedüngter und ungedüngter Boden jährlich ungefähr gleichviel Kohlenstoff durch seine Vegetation erzeugen könne.

Auf den Südseeinseln baut man auf einem feuchten Boden ohne alle Düngung Bananen. Nach A. v. Humboldt wachsen auf einem Morgen etwa 98808 Pfund Früchte, welche mindestens 17000 Pfund Kohlenstoff enthalten, so daß eine solche Fläche in 20 Jahren gegen 345960 Pfund Kohlenstoff liefert. Seit Jahrtausenden bebaut man daselbst denselben Boden und er wird nicht nur nicht erschöpft, was doch der Fall sein müßte, wenn die organische Substanz, beziehungsweise deren Kohlenstoff, von Humus stammte, sondern durch die abfallenden Blätter und Blattstücken im Gegentheil noch reicher an Humus.

Nach Darwin erzielt man in Chili und Peru die reichsten Maisernten auf dürrem Fluglande, mit schwacher Bewässerung ohne Düngung und ebenso wird der

Bergreis nur bewässert, nicht gedüngt. Die beiden Delpalmen *Cocos nucifera* und *Elais guineensis* wachsen in humusleerem Flugsande. Im Jahre 1850 betrug die Einfuhr an Palmöl in Großbritannien 44 Millionen Pfund. Bei der Cultur dieser Palmen producirt dieser humusfreie Boden allein im Palmöl gegen 30 Millionen Pfund Kohlenstoff.

Hartig zeigt, daß die Pflanzen aus Lösungen von humusfauren Alkalien das Wasser aufnehmen, während sie die Humus Säuren zurücklassen.

Polstorff beobachtete, daß sich Gerste in einem rein unorganischen Boden, welcher die Bestandtheile ihrer Asche enthielt, vollkommen entwickelte und daß Zufuhr von humusfauren Alkalien zu diesem Boden keinen bedeutenden Einfluß auf den Vegetationsprozeß der Gerste ausübte.

Es kann somit die günstige Wirkung des Humus nicht darauf beruhen, daß dieser als solcher von den Pflanzen aufgenommen und zu organischen Bestandtheilen metamorphosirt wird, wie die Anhänger der Humustheorie behaupten. Allerdings kann der Humus Pflanzennahrungsmittel werden, aber nur dann, wenn seine Bestandtheile aus der organischen Form in die unorganische übergegangen sind. Der Humus ist nämlich in einer fortschreitenden Verwesung begriffen. Bei dieser Verwesung bilden sich beständig Kohlen Säure, Wasser und auch Ammoniak, da neben den eigentlichen Humussubstanzen immer auch stickstoffhaltige organische Körper in der Ackerkrume vorkommen. Diese Verwesungsproducte nun sind es, welche von den Pflanzenwurzeln aufgenommen und durch den Lebensprozeß der Pflanzen zu organischen Bestandtheilen derselben umgebildet werden können, was besonders bei der ersten Entwicklung der Pflanzen von Bedeutung sein mag, wo die Blatt- und Wurzelorgane derselben noch nicht im Stande sind, sich in rechter Menge ihre Nahrung aus dem Boden und aus der Atmosphäre zu sammeln. Es liegen übrigens auch direkte Versuche dafür vor, daß die organischen Bestandtheile des Bodens [Humus] dadurch während wirken, daß sie sich in flüchtige Verbindungen zerlegen, welche von den Pflanzen aufgenommen werden. So fand z. B. Magnus, daß der Dünger seine befruchtende Wirkung auch aus der Entfernung, sonach durch seine flüchtigen Bestandtheile ausübe. Gerste in ein Gefäß, welches ausgeglühte Ackererde enthielt, gesät, und neben ein Gefäß mit gedüngter Gartenerde gestellt, entwickelte sich unter einer Glasglocke, also bei Abschluß der Luft, vollkommen, während Gerste, die unter einer Glocke in demselben Boden wuchs, aber ohne gedüngte Gartenerde daneben, verkümmerte, jedenfalls ein Beweis, daß das Gedeihen der Gerste im ersten Falle nur auf Rechnung der sich aus dem Dünger entwickelnden Gase zu schreiben ist.

Die Wirkung des Humus ist aber nicht allein dem Umstande beizumessen, daß er in seinen Verwesungsproducten Pflanzennahrung

liefert, sondern vielmehr dürfte noch ein anderer; viel gewichtigerer Faktor für dessen Wirkung in gewissen weitern Eigenschaften desselben gesucht und gefunden werden.

Der Humus besitzt nämlich ein bedeutendes Absorptionsvermögen für Ammoniak und vermag dasselbe, sowie andere Basen und Säuren aus Salzlösungen zurückzuhalten; er stellt also gleichsam ein Reservoir für Pflanzennahrung dar; außerdem zieht er Wasser aus der Luft an und schützt auf diese Weise den Boden vor dem Austrocknen. Die wasserhaltende Kraft der Humussäuren ist so bedeutend, daß sie bei + 146° C noch 8—16 Prozent Wasser abgeben.

Durch die Eigenschaft, Wasser anzuziehen, und durch die fortwährende Verwesung entbindet der Humus beständig Wärme und ist daher im wahren Sinne des Wortes eine Wärmequelle für die Pflanzen.

Hängt man ein leinenes Säckchen mit trockener Ackererde, in dessen Mitte sich ein Thermometer befindet, in ein Gefäß mit feuchter Luft, so sieht man das Quecksilber des Thermometers nach einigen Augenblicken steigen; in von Babo's Versuchen stieg in einer an organischen Stoffen (Humus) reichen Erde die Temperatur von 20 bis auf 31° C. Bringt man einige Unzen Ackererde bei einer nicht höhern Temperatur als 35 bis 40° C. getrocknet in eine Flasche mit Luft, welche bei 20° C. vollständig mit Wasserdampf gesättigt ist, der sich also bei der geringsten Abkühlung unter diesen Temperaturgrad als Thau absetzen würde, so ist nach Verlauf von wenigen Minuten die Luft so vollständig ihrer Feuchtigkeit beraubt, welche die Erde angezogen hat, daß sie auch bei einem Kältegrad von 8 bis 10° C. kein Wasser, d. h. keinen Thaubeschlag mehr absetzt; die Spannkraft des Wasserdampfes ist von 17 m. m. auf weniger als 2 m. m. herabgedrückt. [Liebig.]

Außerdem sind die Humussäuren, wie es scheint, mehrbasische Säuren, so daß ein Atom der Säure mehrere Atome der Base und zwar verschiedener Art aufzunehmen vermag, wodurch sie in einzelnen Fällen zerlegend auf unwirksame, schwer lösliche Salze einwirken, da sie besonders zunächst mit Ammoniak verbunden im Boden vorkommen und auch mit den Alkalien leichtlösliche Doppelsalze bilden.

Bekanntlich besitzt kohlenstoffhaltiges Wasser die Eigenschaft, phosphorsaure Erbsalze im Boden löslich und so assimilationsfähig zu machen. Durch die Verbreitung einer solchen Lösung im Boden werden dann natürlich auch diese Erbsalze im Boden verbreitet und den Pflanzensurzeln zugänglich gemacht. Die große Wichtigkeit dieser Erbsalze, besonders für Cerealien ist bekannt. Da nun der Humus eine Kohlenstoffquelle darstellt, welche die Luft in der Ackertrume und das sie benetzende Regenwasser beständig an Kohlenstoff bereichert, so dürfte

vielleicht ein Theil der oft so günstigen Wirkung des Humus auch auf Rechnung dieses Umstandes zu schreiben sein. Der Humus macht aber auch durch seine poröse Beschaffenheit den Boden lockerer und somit geschickter zur Aufnahme der sämmtlichen gasigen Bestandtheile der Atmosphäre, wodurch im Boden noch vorhandene Thonsilikate, phosphorsaure und andere Mineralien aufgeschlossen (verwittern) und in Nahrungstoffe verwandelt werden.

Für die alte Humustheorie und als Gegner dieser neuern Theorie treten unter den Chemikern besonders Mulder und der französische Chemiker Soubeiran in die Schranken.

Der gewichtigste der neuen Humustheorie gemachte Einwand ist der Hinweis Mulders auf die Parasiten oder ächten Schmarotzerpflanzen, die von den Mutterpflanzen, auf denen sie wachsen, außer dem rohen Nahrungsaft, auch bereits organisch entwickelten aufnehmen müssen. Allein dieses letztere auch zugegeben, so beweist die Art der Ernährung der Parasiten eben nur, daß in der Mutterpflanze gebildete organische Substanzen in den Parasiten übergehen können, sie beweist aber nichts für die directe Ernährungsfähigkeit des Humus. Man hat übrigens mit Recht hervorgehoben, daß keine Thatfachen vorliegen, aus denen sich mit solcher Sicherheit, wie es geschehen ist, Schlüsse auf das Verhältniß der Abhängigkeit eines Parasiten von seiner Nährpflanze ziehen lassen.

Soubeiran hat ebenfalls darzuthun versucht, daß der Humus unmittelbar von den Pflanzen zur Nahrung aufgenommen werde; derselbe und Malaguti wollen das dammsaure Ammoniak, welches von den Pflanzen aufgenommen wird, dem Gewichte nach bestimmt haben. Nach Corup-Besanez wurde aber bei der Anstellung dieser Versuche den Anforderungen an einen wissenschaftlichen Versuch so wenig entsprochen, daß ihnen eine schlagende Beweisraft nicht beigelegt werden kann, und es dürfte nach ihm kein Zweifel darüber walten, daß die genannten Chemiker nicht dammsaures Ammoniak, sondern etwas anderes, ihnen Unbekanntes gewogen haben. Diejenigen Versuche, welche de Saussure zur Lösung der Frage angestellt hat, entsprechen noch am meisten den Anforderungen wissenschaftlicher Kritik und de Saussure zieht daraus den Schluß, daß in der That sehr geringe Mengen von Humusäuren von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen werden; allein diese Mengen sind nach Corup-Besanez so gering, daß sie innerhalb der

Grenzen der Beobachtungsfehler bei derartigen Versuchen fallen und dadurch ihre Beweiskraft vollständig einbüßen.

Angeichts dieser Thatsachen dürfte als feststehend zu erachten sein, daß der Humus nicht direkt ernährungsfähig ist, sondern daß er nur dann Pflanzennahrung werden kann, wenn seine Elemente sich zu unorganischen Verbindungen gruppiert haben.

Was vom Humus gilt, das gilt, wie in dem Vorstehenden bereits angedeutet, für alle organischen Körper, also auch für den Stalldünger u. s. w. Kein organischer Körper kann Pflanzennahrung sein, es sei denn, daß er vorher zu unorganischen Verbindungen umgewandelt wurde. Die Pflanze tritt in dieser Beziehung in einen auffallenden Gegensatz zum Thiere; denn während die erstern nur von unorganischen Stoffen leben, müssen die Nahrungsmittel aller Thiere unter allen Umständen Organismen sein.

Wir werden also bei der Auffuchung des Bildungsmaterials für Pflanzen mit Entschiedenheit von der organischen Natur ab und auf das Gebiet der unorganischen Natur hinübergewiesen. Die Hauptroute der hier zu wandernden Bahn liegt bereits vor unserem Gesichtsfelde, indem uns, wie oben ausgeführt, durch die Chemie Kenntniß darüber verschafft wird, welche Bestandtheile die unorganischen Körper im Allgemeinen enthalten müssen, um Pflanzennahrungsmittel sein zu können und es liegt uns demnach nur noch ob, die Contouren dieser Stoffe etwas schärfer zu zeichnen, was Aufgabe des Folgenden sein soll.

Eine Hauptnahrungsquelle für die Pflanzenwelt ist, wie wir wissen, die atmosphärische Luft. Sie stellt eine Gemenge von verschiedenen Gasen dar.

100 Volumtheile atmosphärische Luft enthalten:

78,492	Volumtheile	Stickstoff (N),
20,627	„	Sauerstoff (O),
0,84	„	Wassergas (H <sub>2</sub> O),
0,041	„	Kohlensäure (C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ).

Neben diesen Gasen, welche man als die wesentlichen Bestandtheile der Luft betrachtet, enthält dieselbe noch ein geringe Quantität Ammoniak. (NH<sub>3</sub>)\*)

\*) Außer den oben angeführten Bestandtheilen befinden sich wahrscheinlich in der Luft noch andere Substanzen, so unzweifelhaft eine kleine Quantität Wasserstoff eine geringe Menge Salzsäure und wahrscheinlich auch Salpetersäure. (Zimmermann

Wie man sieht, finden sich in der Luft vier der verbrennlichen Elemente des Pflanzenorganismus; sie enthält Stickstoff im freien Zustande und an Wasserstoff gebunden im Ammoniak, Sauerstoff ebenfalls frei und gebunden an Kohlenstoff als Kohlenäure und an Wasserstoff als Wassergas. Kohlenstoff ist, wie bereits bemerkt, in der Kohlenäure enthalten und Wasserstoff im Ammoniak und im Wassergas.

Das fünfte Element, der Schwefel, welcher bekanntlich in gewissen Gruppen organischer Verbindungen, z. B. in den Albuminaten vorkommt, findet sich wohl auch ausnahmsweise im Schwefelwasserstoffgase in der Luft, jedoch nur unter gewissen Voraussetzungen und an gewissen Orten. Dieser Schwefelwasserstoff kann indeß, wie unten erörtert werden wird, nicht die Bezugsquelle für das fünfte Element organischer Verbindungen sein.

Es ist nun konstatirt, daß die vier Elemente, Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff von den Pflanzen wirklich der Luft entzogen werden; die Blätter und die andern grünen Pflanzentheile nehmen dieselben aus der über der Ackerkrume gelegenen Luftschichte auf, die Wurzeln der Pflanzen dagegen aus der in der Ackerkrume enthaltenen und aus der im Wasser gelösten Luft.

Wenn man von dem in manchen Pflanzen enthaltenen Schwefel absieht, kann man daher sagen: „Was in den Pflanzen und Thieren organisch ist, stammt aus der Luft, der unorganische Theil des Pflanzen- und Thierkörpers, er stammt aus dem Boden.“

Betrachten wir nun die Assimilation der Elemente, welche die organischen Verbindungen zu ihrer Bildung bedürfen, des Nähern.

## 1. S t i c k s t o f f.

Nachdem man weiß, daß die atmosphärische Luft vier Fünftheile ihres Volumens Stickstoff enthält, erschiene eigentlich nichts einfacher, als die Annahme, daß die Pflanzen ihren Bedarf an diesem Körper dem freien Stickstoff der Luft entnehmen. Nach der Ansicht von Ville kommt den Pflanzen wirklich die Eigenschaft zu, den Stickstoff der Luft

---

Physische Geographie.) Bezüglich der Salpetersäure ist wenigstens so viel sicher, daß die Luft nach elektrischen Entladungen, also nach Gewittern, davon enthält, indem man in dem bei Gewittern fallenden Regen immer salpetersaures Ammoniak nachweisen kann. Daß in der Luft außerdem Pflanzen- und Thierkeime enthalten sind, ist bekannt.

in ihrem Organismus zu verdichten und zu assimiliren; ebenso nahmen Priesley und Igenhouss die Assimilation des Stickgases durch die Pflanzen an und stützten sich dabei auf einige Versuche, mit *Epilobium hirsutum*, welches unter einer 10 Zoll hohen und 1 Zoll weiten Glasglocke, die mit Luft gefüllt war, innerhalb eines Monats  $\frac{7}{8}$  davon absorbiert hatte. De Saussure wiederholte diese Versuche, erhielt aber negative Resultate. Die Versuche anderer Forscher in der bezüglichen Frage führten zu denselben Ergebnissen und es ist als sicher zu erachten, daß Stickstoff im freien Zustande von den Pflanzen nicht assimilirt wird, sondern daß er von ihnen nur aufgenommen wird, wenn sie ihn in der Verbindung Ammoniak dargeboten erhalten.

Die Verwandtschaft des Stickstoffes zu allen andern Elementen ist eine so geringe, daß kaum anzunehmen ist, derselbe könne sich mit den Elementen des Pflanzenleibes direkt vereinigen, was doch der Fall sein müßte, wenn ihn die Pflanzen wirklich assimilirten. Zwar hat man gerade in neuerer Zeit den Stickstoff sowohl mit manchen Metallen, als mit Metalloiden direkt zu verbinden vermocht; aber bei diesen chemischen Prozessen waren immer Verhältnisse gegeben, wie man sie bei der Bildung organischer Verbindungen in der Pflanze nicht als wirkend, oder wenigstens nicht in dem Grade wirkend, wie zur direkten Vereinigung nothwendig wäre, annehmen kann. (Hitze, elektrischer Strom, disponirende Verwandtschaft u. s. w.)

Die mehr negative Affinität des Stickstoffes äußert sich aber auch in den auf directem Wege in den Laboratorien erzeugten Verbindungen fort, indem dieselben eine außerordentliche Neigung zum Zerfalle haben. Es contrastirt demnach die Affinität der Bestandtheile der auf directem Wege entstandenen Stickstoffverbindungen mit jener der Bestandtheile in pflanzlichen Stickstoffverbindungen, so lange sie unter dem Lebens-einfluß des jeweiligen pflanzlichen Individuums stehen, zu sehr, als daß man auch nur im Entferntesten zu der Annahme berechtigt wäre, es seien diese letztern auf demselben Wege entstanden. Ganz abgesehen davon lehren Versuche, daß die Pflanzen den aus der Luft oder aus Lösungen in sie gelangten Stickstoff wieder aushauchen. Directe Versuche von Boussingault und Petzholdt haben dargethan, daß die Pflanzen keinen Stickstoff assimiliren.

Für die Aufnahme des Stickstoffes in der Form von Ammoniak dagegen kann man sich in jeder Vegetationsperiode praktische Belege

sammeln, wenn man die Wirkung gewisser Düngerarten auf das Wachstum der Pflanzen beobachtet, nämlich solcher, deren Bestandtheile im Stande sind, in Ammoniak überzugehen.

Man weiß, daß die Waschwasser der Gasanstalten, welche bekanntlich reich an Ammoniaksalzen sind, wenn sie als flüssiger Dünger angewendet werden, das Erträgniß der Felder sehr erhöhen; ferner ist bekannt, daß diejenigen stickstoffhaltigen Körper, welche sehr leicht in Ammoniak und Kohlenäure zerfallen, wie z. B. der Harnstoff im Harn, die Fruchtbarkeit des Bodens am meisten vermehren. \*) Wenn man Topfpflanzen im Winter mit gewöhnlichem Brunnenwasser begießt, so fallen die Blätter ab, setzt man aber zu diesem Brunnenwasser eine ganz kleine Menge Ammoniak, so behalten sie die Blätter. Pflanzen können in reinem Kohlenpulver zur Entwicklung gebracht werden, wenn sie mit ammoniakhaltigem Wasser begossen werden. Auf der andern Seite hat man Gelegenheit, zu sehen, daß die Vegetation in einem Boden, welcher keine Substanzen enthält, die leicht in Ammoniak übergehen können, auch bei Anwesenheit von Stickstoff nicht in entsprechender Weise von statten geht. Beachtet man ferner den Umstand, daß der Luft beständig große Mengen von Ammoniak zugeführt werden und sie dem ungeachtet so geringe Mengen davon enthält, so liegt, zumal man eine andere Ursache, wodurch dieses Ammoniak aus der Luft entfernt würde, nicht kennt, darin gewiß eine Bestätigung dafür, daß die

---

\*) Im Allgäu wird, ich möchte sagen, fast jeder Tropfen Harn das ganze Jahr hindurch sorgfältig in gewisse Behälter, sogenannte Stander, aufgefangen, sehr im Gegensatz zu dem Verfahren in Niederbayern, wo die Sauche (Diel) die Bestimmung zu haben scheint, zum Abspülen der Wege zu dienen, wie ich mich an mehreren Orten zu überzeugen Gelegenheit hatte, und wo sie also, ganz abgesehen von der gesundheitschädlichen Wirkung ihrer Zerlegungsprodukte, nichts nützt. Bei Beginn des Frühjahrs und im Herbst wird im Allgäu diese Sauche auf die Wiesen ausgefahren. Betrachtet man nun im Sommer zwei Stellen ein und derselben Wiese, von denen die eine mit Sauche befahren wurde und die andere nicht, so sieht man sofort das auffallende Mißverhältniß der Vegetation auf diesen beiden Stellen, indem nämlich dieselbe auf der mit Sauche überfahrenen Stelle ungleich viel üppiger ist, als auf der andern. Sogar die einzelnen Streifen zeigen einen solchen Unterschied (die Sauche fällt beim Ausfahren in ungefähr zwei Fuß breiten und verschieden langen Streifen auf den Boden der Wiesen auf) in Bezug auf das Wachstum der Pflanzen; man sieht ganz deutlich, daß auf der Mitte der Streifen, wo ein größeres Quantum von Sauche auffiel, die Pflanzen viel dichter stehen und viel vollkommener entwickelt sind, als an den Rändern derselben, wo weniger Sauche hinkam.

Pflanzen ihren Stickstoff nicht als solchen im freien Zustande, sondern aus dem Ammoniak aufnehmen. \*)

In der Verbindung Ammoniak zeigt der Stickstoff nicht mehr die geringe Verwandtschaft zu andern Körpern. Das Ammoniak geht vielmehr leicht Verbindungen mit andern Körpern ein und es zeigen die neueren Forschungen über die Natur organischer Körper, daß die meisten stickstoffhaltigen organischen Verbindungen als directe Abkömmlinge des Ammoniaks anzusehen sind, so z. B. die organischen Basen, die Amide, Imide, die Amin- und Amidosäuren und wahrscheinlich auch die Protein-Körper. Ihre Bildung erfolgt nach der Typentheorie in der Weise, daß im Molekül des Ammoniaks der Wasserstoff durch organische Radikale vertreten wird.

Nach diesen Erörterungen kann es nicht mehr dem geringsten Zweifel unterliegen, daß die Pflanzen ihren Stickstoff nicht als solchen, also im freien Zustande, der Luft entnehmen, sondern daß sie denselben vielmehr vom Ammoniak beziehen.

Man glaubt nun, daß in dem Ernährungsproceß der Pflanzen die Salpetersäure das Ammoniak unter Umständen vertreten könne, d. h., daß der Stickstoff derselben zu denselben Zwecken in ihrem Organismus verwendet werden kann, wie der des Ammoniaks. Die günstigen Resultate, welche man bei Düngungsversuchen mit Chilisalpeter erzielte, legen allerdings die Vermuthung nahe, daß dieser gute Erfolg wohl unter gewissen Bedingungen von der leichten Ueberführbarkeit der Salpetersäure in Ammoniak und von der Aufnahme des letztern, oder auch von der unmittelbaren Aufnahme der Salpetersäure von Seite der Pflanzen herrühre. Da jedoch die einfache Thatsache des günstigen Einflusses eines Düngungsmittels auf die Vegetation kein Beweis dafür ist, daß dasselbe als Nahrungsmittel gewirkt habe, und da man

\*) Fresenius hat den Ammoniakgehalt der atmosphärischen Luft untersucht. Er ließ während 40 Tagen (im August und September 1848) mittelst eines Aspirators während des Tages und während der Nacht Luft durch verdünnte Salzsäure streichen und bestimmte die Menge des in der salzsauren Flüssigkeit enthaltenen Ammoniaks durch Platindichlorid. Fresenius fand, daß sie für 1000000 Gewichtstheile Luft

bei Tage 0,098 Gewichtstheile

bei Nacht 0,169 "

beträgt. Gräber hatte dafür 0,333 "

Kemp 0,368 "

gefunden. Ville fand bei Versuchen, angestellt in den Jahren 1850 und 1851, in 1000000 Gewichtstheilen Luft

0,0165 bis 0,0317 Gewichtstheile und

hält die früheren Bestimmungen für irrig, weil sie mit zu geringen Quantitäten Luft angestellt wurden. (Wagner Agriculturchemie.)

überdies bei manchen andern derartigen Versuchen nicht dieselben günstigen Erfolg sah, so dürfte vielleicht für die Wirkung des Salpeters im ersten Falle ein ganz anderer Grund zu suchen sein als die Aufnahme des Stickstoffes der Salpetersäure desselben durch die Pflanzen, zumal als erwiesenermaßen die positive Wirkung des Salpeters bei diesen Versuchen nicht im Verhältniß stand zu seinem Stickstoffgehalte; denn auch da, wo man einen höhern Ertrag an Pflanzen auf den mit salpetersaurem Natron bestreuten Plätzen fand, war der Stickstoffgehalt derselben dennoch mehr als doppelt so groß, wie der Stickstoffgehalt des angewandten Salpeters, so daß also der Stickstoff dieser Pflanzen sicher zum größten Theile aus einer ganz andern Quelle als von der Salpetersäure des salpetersauren Natrons stammte. Nach Kuhlemann spielen bei Düngungen mit Nitraten auch die Basen dieser Salze eine Rolle. Von zwei mit salpetersaurem Natron und salpetersaurem Kalk gebüngten Wiesen brachten 250 Kilogramm des ersten Salzes einen Mehrertrag von 2052 Kilogramm per Hectare hervor, eine gleiche Menge salpetersauren Kalces, worin  $1\frac{1}{4}$  Procent mehr Salpetersäure enthalten ist, nur einen Mehrbetrag von 693 Kilogramm, mithin das Kalksalz  $\frac{2}{3}$  weniger als das Natronsalz. Schreibt man die Steigerung dieses Ertrages der Salpetersäure zu, so ist die Wirkung der beiden Salze völlig unverständlich und es scheint daher die Annahme gerechtfertigt, daß im concreten Falle das Natron des Chilisalpeters die Hauptwirkung ausübte. Nach Zöller wirkt der Chilisalpeter auf Böden von gewisser Beschaffenheit einzig und allein durch seinen Natrongehalt und auf andern Böden durch seinen Stickstoff- und Natrongehalt. Was speciell das salpetersaure Natron betrifft, so ist noch eine andere Eigenschaft desselben, durch die es unter Umständen wohl mehr wirkt als durch den Stickstoffgehalt der in ihm enthaltenen Salpetersäure, in das Auge zu fassen. Es ist neuerdings gezeigt worden, daß das salpetersaure Natron auch in den verdünntesten Lösungen die Eigenschaft, phosphorsaure Erbsalze aufzulösen, in sehr bemerkenswerthem Grade besitzt, und daß ihm sonach ein ähnlicher Antheil an dem Ernährungspozess der Pflanzen zukommen muß wie dem kohlenensäurehaltigen Wasser. (siehe Humus.) 100 Kilogramm salpetersaures Natron, gelöst in 33400 Liter Wasser, sind im Stande 2630 Gramme zweibasisch phosphorsauren Kalk zu lösen. Directe Versuche beweisen nun, daß der Chilisalpeter dasselbe Verhalten gegen die im Boden enthaltenen phosphorsauren Erbsalze zeigt.

Kommt nämlich eine Lösung von salpetersaurem Natron mit der Ackererde zusammen, so setzt sich ein Theil derselben in salpetersauren Kalk und salpetersaure Magnesia um, während der andere Theil unzersezt bleibt. Der unzersezt gebliebene Theil des Salpeters verhält sich nun ganz ähnlich, wie die durch Verwesung der organischen Bestandtheile des Mistes (Humus) entstehende und im Wasser sich lösende Kohlensäure, indem eine solche Salzlösung sich mit phosphorsauren Erbsalzen an Stellen, wo diese angehäuft oder ungebunden von der Ackerkrume vorhanden sind, sättiget, und diese Phosphate werden dadurch in den Zustand versetzt, in dem sie sich im Boden verbreiten können. Wenn die gelöst sich verbreitenden phosphorsauren Erbsalze mit andern Stellen der Erde in Berührung kommen, welche nicht damit gesättiget sind, so nehmen diese die phosphorsauren Erbsalze an und das salpetersaure Natron behält zum zweiten oder fortgesetzten Male das Vermögen, die nämliche auflösende und verbreitende Wirkung auszuüben,

bis es sich gänzlich in Kalk und Bittererbesalze umgesezt hat. Wenn man den günstigen Einfluß der vergrößerten Löslichkeit und Verbreitbarkeit der Phosphate für gewisse Pflanzen, besonders für Getreidearten, in Betracht zieht, so kann die Bedeutung der erwähnten Eigenschaft des Chilisalpeters nicht hoch genug angeschlagen werden. (Liebig.) Fassen wir dies Alles zusammen, so müssen wir die Möglichkeit zugeben, daß der Stickstoff der Salpetersäure von den Pflanzen zur Bildung stickstoffhaltiger Verbindungen verwendet werden könne und in dieser Eigenschaft den Stickstoff des Ammoniak zu vertreten im Stande sei. Zugleich drängt sich uns aber auch die Ueberzeugung auf, daß wahrscheinlich in der Mehrzahl der Fälle die vortheilhafte Wirkung der Nitrate des Bodens, gleichgiltig, ob sie schon von vornherein in demselben enthalten waren, oder erst mit dem Dünger zugegeben wurden, eine Wirkung, welche man gewöhnlich dem Stickstoff der Salpetersäure zu Gute rechnete, weniger diesem, als vielmehr andern Bestandtheilen und gewissen Eigenschaften dieser Nitrate zuzuschreiben sei.

Wie das Ammoniak in die Atmosphäre gelangt ist, ob es von Anfang an derselben darin vorhanden war, oder ob es erst später durch das Zusammentreten von Stickstoff und Wasserstoff unter uns unbekanntem Verhältnissen gebildet wurde, läßt sich nicht erweisen. Daß das von den Pflanzen aufgenommene Ammoniak der Luft beständig wieder ersetzt werden muß, wenn die Vegetation nicht in Stöckung gerathen soll, versteht sich wohl von selbst. Woher dieses Ammoniak jetzt stammt, darüber bestehen keine Zweifel mehr. Bekanntlich erleiden alle organischen Wesen nach ihrem Tode Veränderungen, in Folge deren ihre Leiber von der Oberfläche der Erde allmählig verschwinden; von dem stärksten Baume ist nach seiner Fällung in Folge der Einwirkung der Atmosphäre in 36—40 Jahren nur die Rinde mehr übrig; Blätter, junge Zweige, das Stroh, welches dem Felde als Dünger zugeführt wird, verschwinden weit schneller; in noch kürzerer Zeit verlieren Theile von Thieren ihren Zusammenhang, sie verflüchtigen sich in die Luft, ohne etwas anderes als die unorganischen Elemente zu hinterlassen.

Dieser große Naturprozeß der Auflösung aller in den Organismen vorhandenen Verbindungen tritt sogleich nach dem Tode ein, wenn die mannigfaltigen Ursachen nicht mehr thätig sind, unter deren Herrschaft sie gebildet wurden; die in dem Leibe der Pflanzen und Thiere erzeugten Stoffe erleiden eine Reihe von Veränderungen, deren letzte die Ueberführung ihrer Bestandtheile in gewisse Gase ist. Unter diesen Gasen nun figurirt hauptsächlich auch das Ammoniak, indem der Stickstoff der organischen Körper in der Form von Ammoniak aus diesen austritt. Wer da weiß, wie außerordentlich groß die Zahl organischer Verbindun-

gen ist, und wie massenhaft daher die Zerlegungen derselben auftreten müssen, der kann sich einen Begriff davon machen, wie bedeutend die Menge des sich beständig bildenden Ammoniak's sein muß, und es ist daher leicht einzusehen, daß die Pflanzen fortwährend genug Ammoniak zu ihrer Bildung zugeführt bekommen. \*) Da das Ammoniak außerordentlich leicht löslich ist in Wasser, so muß mit jeder Condensation des Wasserdampfes zu tropfbar flüssigem Wasser sich alles Ammoniak verdichten und der Erde und den Pflanzen zugeführt werden, und in der That enthält nicht nur alles Regenwasser, sondern auch der Schnee stets nachweisbare Mengen von Ammoniak, wie Liebig zuerst gezeigt hat. Das aus der Atmosphäre in den Boden gelangende Ammoniak ist größtentheils an Kohlensäure und nach Gewittern wohl auch zum kleinen Theil an Salpetersäure gebunden und wird nach Way von dem Boden aufgesaugt und festgebunden, so, daß freies Ammoniak darin nicht vorhanden ist. Natürlich wird nicht alles im Boden vorhandene Ammoniak demselben durch die wässerigen Niederschläge aus der Luft zugeführt, sondern derselbe nimmt es auch unmittelbar vermöge seiner Anziehungskraft zu diesem Gase bei der Verwesung organischer Gebilde auf. Was nun die Pflanzen betrifft, so beziehen diese ihren Bedarf an diesem Körper theils aus dem in der Luft enthaltenen Ammoniak, so z. B. sind die auf nackten Felsen wachsenden Pflanzen nur auf dieses Ammoniak angewiesen; größtentheils aber saugen sie es aus dem Boden durch ihre Wurzeln ein, was sich schon aus der Vertheilung der Ammoniakverbindungen auf der Erde und aus mannigfachen Erfahrungen ergibt. Der Boden enthält viel mehr Ammoniak, als die atmosphärische Luft.

Krocker hat mehrere Lehmböden auf Ammoniak untersucht; er fand in einigen 0,135 bis 0,170, in andern 0,104 Prozent Ammoniak; in zwei Arten Sandboden fand er 0,096 und 0,056 Prozent, in reinem Sande 0,031 Procent. Nach Versuchen, welche in Liebig's Laboratorium ausgeführt worden sind, enthält eine Hectare einer thonigen Erde bei einer Tiefe von 25 Centimetern 10000 Kilogramm reines Ammoniak und ein ganz sandiges Terrain noch 2000 Kilogramm.

Wenn man unter gegebenen Bedingungen von Düngungsversuchen mit animalischen Stoffen, Guano, dem Waschwasser von Gasanstalten, einen günstigen Erfolg auf die Vegetation beobachtet, so rührt dies

\*) Auch bei vielen chemischen Prozessen in unsern Laboratorien wird der Luft Ammoniak zugeführt, dann außerdem auch in den vulkanischen Exhalationen.

zweifelsohne zum Theil von der Zufuhr von Ammoniak her, welches in diesem Falle nur vom Boden aus aufgenommen werden kann, und auf denselben Grund muß die günstige Wirkung des Gypsens der Felder, welches eine Ueberführung des flüchtigen kohlsauren Ammoniaks in weniger flüchtiges schwefelsaures Ammoniak bewirkt, zurückgeführt werden. (Liebig.) Die Wasserpflanzen beziehen ihren Stickstoff aus dem in Wasser gelösten Ammoniak, welches aber seinerseits wieder aus dem Boden oder aus der Luft stammt.

## 2. Sauerstoff.

Sauerstoff ist im freien Zustande in der Luft enthalten, dann gebunden an Kohlenstoff als Kohlenäure und an Wasserstoff im Wassergas der Luft; außerdem ist er im Wasser des Bodens (Bodenfeuchtigkeit) enthalten.

Die Funktionen des freien Sauerstoffs gehören zu den wichtigsten in der belebten, wie in der unbelebten Natur. Er ist der Bildner und Zerstörer der meisten chemischen Verbindungen. Er bildet neue Körper, indem er vorhandene zerstört, vereinigt sich mit ihnen und verläßt sie wieder, um abermals neue Verbindungen einzugehen und sie wiederum zu lösen. Er hat den größten Antheil an dem Stoffwechsel in der organischen Natur; seine Entfernung von unserm Planeten würde die Vernichtung aller organischen Wesen zur Folge haben, kein Leben, keine Verbrennung würde ohne ihn mehr stattfinden. In Bezug auf die Verwandtschaft zu andern Elementen steht der Sauerstoff dem oben besprochenen Stickstoff gerade diametral gegenüber d. h. die Neigung sich mit andern Stoffen zu verbinden ist beim Sauerstoff gerade so stark, wie bei dem Stickstoff gering. In Anbetracht dieses Umstandes wäre daher die Annahme nichts weniger als ungerechtfertiget, daß die Pflanzen ihren sämmtlichen Sauerstoff unmittelbar aus der Luft assimilirten.

Wenn nun auch gerade keine absolut verneinenden Gründe gegen eine solche Annahme vorliegen, so fehlen auf der andern Seite wieder beweisende Thatsachen für dieselbe. Es ist überhaupt die Frage noch in Schweben, ob die Pflanzen ihren Sauerstoff aus der Kohlenäure, oder aus dem Wasser, oder als freien Sauerstoff aus der Luft aufnehmen, oder ob sie ihn je zweien dieser Quellen oder vielleicht allen dreien entnehmen. Daß die Gegenwart des freien Sauerstoffs eine

nothwendige Bedingung für die Existenz der Pflanzen ist, steht fest, indem Pflanzen, welche Tag und Nacht in einer sauerstofffreien Atmosphäre gehalten werden, bald absterben. Das Keimen des Samenkorns sowie das Wachsen und Gedeihen der Pflanzen erfolgt nur bei Gegenwart von Sauerstoffgas. Samen können Jahrhunderte in der Erde verwahrt werden, ohne ihre Keimkraft zu verlieren, sobald die Luft keinen Zutritt hat. Nach Versuchen von Dutrochet und de Saussure werden die Pflanzen in sauerstoffreicher Luft gelähmt, indem die Funktionen der Blätter und Blüthen aufhören, und sich weder Blatt noch Blüthenknospen öffnen. Wenn eine schon mit Pflanzen bedeckte Fläche längere Zeit unter Wasser zu stehen kommt, so werden die Pflanzen krank und sterben ab, weil durch die über ihnen liegende Wasserschicht kein, oder zu wenig Sauerstoff zu den Wurzeln gelangen kann. In stehenden Wassern gedeihen die Pflanzen nicht, während sie sich in fließendem Wasser, welches denselben fortwährend Sauerstoffgas zuführt, frisch erhalten. Diese Beziehungen der Pflanzen zum freien Sauerstoff sind aber nicht bedingt durch die bloße Gegenwart des letztern, sondern es ist erwiesen, daß die Pflanzen zu gewissen Zeiten Sauerstoff aus der Luft aufnehmen. Während des Tages entziehen dieselben der Luft Kohlensäure, reduciren diese und scheiden Sauerstoff aus. Bei Nacht jedoch wird das Verhältniß zwischen Pflanze und atmosphärischer Luft ein anderes; denn während die Pflanzen am Tag Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff ausscheiden, entziehen sie zur Nachtzeit der Luft Sauerstoff und scheiden dafür Kohlensäure aus. (Igenhouss, de Saussure, Grischow.)\*)

Die Sauerstoffaufnahme erfolgt sowohl durch die Blätter, als auch durch die Wurzeln der Pflanzen. Die frischen grünen Blätter nehmen selbst im zerstückelten Zustande noch Sauerstoff auf; zerstört man jedoch die Organisation der Blätter, indem man sie in eine breiige Masse verwandelt, so hört diese Funktion auf. Holz, Splint, Blumenblätter und alle nicht grünen Theile der Gewächse absorbiren nur wenig Sauerstoff. Die Wurzeln, getrennt von der Pflanze, nehmen ebenfalls nur wenig Sauerstoff auf und zerlegen die Kohlensäure nicht; mit der Pflanze jedoch noch vereinigt absorbiren sie das Mehrfache ihres Volumens

---

\*) Nach de Saussure absorbiren die nicht grünen Theile der Pflanzen auch am Tage Sauerstoffgas und scheiden dafür Kohlensäure aus, ebenso die welken Pflanzen und zur Herbstzeit die Blätter, wenn sie sich färben.

von Sauerstoff- und Kohlendensäuregas, führen diese Gase im aufsteigenden Saft den Blättern zu, wo hauptsächlich die Bildungs- und Zerstörungsprozesse vor sich gehen. Die Wurzeln empfangen das Sauerstoffgas durch das Wasser, in welchem es mechanisch gelöst ist.

Das Wasser enthält durchschnittlich 5 Prozent atmosphärische Luft, so, daß in demselben 1 Prozent Sauerstoff gelöst ist. Da nun aber die Luft des Quellwassers 30 bis 33 Prozent Sauerstoff enthält, so beträgt der Sauerstoffgehalt dieses Wassers etwa 1,5 Prozent und es erklärt sich hieraus die erfrischende Wirkung des Quellwassers.

Gewisse Beobachtungen stellen nun so ziemlich über jeden Zweifel, daß der während der Nacht von den Pflanzen aufgenommene Sauerstoff wenigstens theilweise wirklich zu Oxydationen verwendet wird, daß also von demselben in die organischen Verbindungen der Pflanze eingeht. Darauf deutet unter Anderem besonders auch die Erfahrung von Liebig hin, daß gewisse Pflanzen, z. B. die Blätter von *Cacalia ficoides* und *Cotyledon calycina*, am Morgen sauer wie Sauerampfer schmecken, dagegen gegen Mittag geschmacklos und am Abend sogar bitter sind. Was die Art der Oxydationen anlangt, so steht fest, daß jedenfalls nur ein Theil des in die pflanzlichen Verbindungen eingehenden Sauerstoffs zur Bildung von Kohlendensäure verwendet wird; die meisten intermediären Oxydationen leicht oxydirbarer organischer Verbindungen sind gewöhnlich nicht mit Kohlendensäureausscheidung verbunden; die Oxydation besteht vielmehr meist in einer Bildung von Wasser und Substitution des austretenden Wasserstoffs durch Sauerstoff und nicht selten in dem Eintritt einer weitem Menge Sauerstoffs. Nach Einigen läßt sich die Kohlendensäureausscheidung der Pflanzen während der Nacht auf eine physikalische Ursache zurückführen. Es wird nämlich durch die Wurzeln beständig Kohlendensäure aus dem Boden aufgenommen. Diese Kohlendensäure kann nun während der Nacht, also im Dunkeln, von den Pflanzen nicht reducirt werden und es muß daher wenigstens ein Theil derselben mit dem Wasser einfach abdunsten und in die Luft übergehen.

Wenn nun auch als ausgemacht gelten kann, daß Sauerstoff aus der Luft zu Oxydationen von organischen Verbindungen in der Pflanze verwendet wird, so wäre doch zu weit gegangen, wenn man annehmen wollte, daß sämmtlicher in den Pflanzen vorhandene Sauerstoff als solcher aus der Atmosphäre aufgenommen werde; dafür, wie gesagt, fehlen Beweise. Ein Theil des Sauerstoffs in den Pflanzen, vielleicht der größte, kann ebenso gut von der aufgenommenen Kohlendensäure oder

von dem aufgenommenen Wasser stammen. Man hat immer zu beachten, daß die Hauptthätigkeit der Pflanzen ein Reduktionsprozeß ist, indem dieselben Kohlen Säure und Wasser reduciren, (siehe unten) den Kohlenstoff und den Wasserstoff zurückbehalten und den Sauerstoff ausscheiden. Wenn der Sauerstoff außerhalb der Pflanze seine vorwiegende Verwandtschaft zu den verbrennlichen Elementen, Kohlenstoff und Wasserstoff, äußert, so verhält sich dies innerhalb der Pflanze im Großen und Ganzen umgekehrt, indem hier der Sauerstoff aus Kohlen Säure und Wasser ausgeschieden wird. Es ist indeß nicht nothwendig, daß sämtlicher bei der Reduktion abgeschiedene Sauerstoff in die Atmosphäre übergehe, sondern es kann ja recht wohl ein Theil davon im Pflanzenorganismus zurückgehalten und zu Drydationen, zum Eintritt in die vorhandenen organischen Verbindungen verwendet werden. Bei Verbindungen, welche Kohlenstoff und Wasserstoff in gleichen Aequivalenten enthalten, kann man sogar annehmen, daß der Sauerstoff einfach in der Form von Wasser in die Verbindung getreten sei.

### 3. K o h l e n s t o f f.

Die Pflanzen erhalten ihren Kohlenstoff aus der Kohlen Säure, welche beständig in immensen Quantitäten bei den verschiedensten Vorgängen gebildet wird.

Wie bereits früher angeführt, ist die Kohlen Säure eines der Gase, welche bei der Verwesung und bei der Verbrennung organischer Körper entstehen. Da jeder organische Körper Kohlenstoff enthält, so tritt die Kohlen Säure auch bei jedem Verwesungsprozeße und bei jedem Verbrennungsprozeße auf. Beim Brennen einer Cigarre, eines Richtiges, eines jeden Stückes Holz in unsern Oefen und auf unsern Herden entsteht immer und jedesmal Kohlen Säure. Welche Quantitäten von Kohlen Säure der Atmosphäre täglich durch die verschiedenen Verbrennungsprozeße zugeführt werden, mögen folgende Beispiele einigermaßen veranschaulichen: Nach einer bestimmten Annahme liefern die häuslichen Verbrennungsprozeße jährlich gegen  $6\frac{1}{2}$  Billionen Pfund Kohlen Säure, durch die Verbrennung von Steinkohlen für technische Zwecke werden an 200000 Millionen Pfund Kohlen Säure gebildet, die Verwesungsprozeße liefern gegen 99 Billionen Pfund. Nach Schleiden producirt Nordamerika jährlich 219163319 Pfund Tabak; dieser giebt aber, wenn er verbrannt wird, allein schon 340 Millionen Pfund Kohlen Säure, so daß durch die sämtlichen Tabakraucher auf der Erde schon allein sicherlich über 1000 Million Pfund Kohlen Säure gebildet werden.

Welch ungeheure Massen von vulkanischer Kohlen Säure beständig der Erde entströmen, dafür möge folgendes Beispiel eine Vorstellung geben: Eine der mittleren Gasquellen von Marienbad giebt nach Heidler jährlich 1,3 Millionen Kubikfuß, die Badequelle von Pyrmont nach v. Gräfe  $1\frac{1}{4}$  Million, die sämtlichen dortigen

Kanäle aber jährlich gegen 7 Millionen Kubituß Kohlenäure; das Bohrloch von Neusalzwerk giebt jährlich 24¼ Millionen Kohlenäure. (Wagner Agriculturchemie.) Eine Hauptquelle der Kohlenäure ist auch der Respirationprozess der Menschen und Thiere. Ein erwachsener Mensch scheidet in 24 Stunden 545 Liter Kohlenäure aus, ein Pferd giebt in 24 Stunden 5372 Liter Kohlenäure an die Luft ab. (Lassaignes.) Nach einer Berechnung entstehen durch die Respirationprozesse jährlich 6½ Millionen Pfund Kohlenäure.

Wäre nun nicht eine Ursache vorhanden, wodurch diese Summe von Kohlenäure, welche die Atmosphäre täglich empfängt, unaufhörlich wieder aus ihr entfernt würde, so müßte die Luft bald für Menschen und Thiere irrespirabel werden. In der That besteht eine solche Ursache. Es ist nämlich der Athmungsprozess der Pflanzen. Die Pflanzen nehmen die durch die berührten Vorgänge sich fortwährend bildende Kohlenäure auf, assimiliren den Kohlenstoff derselben unter Mitwirkung des Lichtes und geben den Sauerstoff in manchen Fällen ganz, in den meisten Fällen jedoch nur zum Theil wieder an die Atmosphäre zurück.

Priestley und Senebier haben zuerst die wichtige Beobachtung gemacht, daß die Blätter und alle grünen Theile der Pflanzen unter dem Einflusse des Sonnenlichtes Kohlenäure einsaugen und Sauerstoff aushauchen. Die Blätter und Zweige der Pflanzen besitzen dieses Vermögen selbst dann noch, wenn sie von der Pflanze getrennt sind. In Brunnenwasser, welches Kohlenäure enthält, und noch mehr in Wasser, welches künstlich mit Kohlenäure gesättigt wurde, nehmen sie daraus so lange Kohlenäure auf, als noch welche vorhanden ist und entwickeln dafür reines Sauerstoffgas. Wenn die Entwicklung von Sauerstoff aufhört, ist auch die Kohlenäure verschwunden; setzt man aufs Neue Kohlenäure zu, so stellt sich die Sauerstoffentwicklung wieder ein. Bringt man dagegen die Pflanzen in ausgekochtes Wasser, welches keine Kohlenäure enthält, oder in solches, welches Alkalien enthält, welche die Kohlenäure binden, so findet keine Gasentwicklung statt. Büschel von krautartigen Gewächsen in ein Gemenge von 70 Theilen atmosphärischer Luft und 30 Theilen Kohlenäure gebracht, verwandeln in Zeit von 4 Stunden fast alles Kohlenäuregas in ein gleiches Volumen Sauerstoffgas. Es ist ferner nachgewiesen, daß die Pflanzen in atmosphärischer Luft sterben, der durch Kalkhydrat die Kohlenäure entzogen wurde, während sie in kohlenäurehaltiger Luft gedeihen und an Gewicht zunehmen, obgleich sie dabei Sauerstoff aushauchen. (Corup-Besanez Physiolog. Chemie.)

Obgleich nun die Existenz der Pflanzen an die Aufnahme von Kohlenäure gebunden ist, so würde doch auch wieder ein Uebermaß von Kohlenäure für sie nachtheilig wirken. De Saussure fand z. B. daß junge Erbsenpflanzen (*Pisum sativum*) schnell in reinem Kohlenäuregas verwelken, ja selbst schon in einem Gemenge von 2 Volumen Kohlenäure und 1 Volumen Luft. In einem Gemenge aus gleichen Raumtheilen der genannten Gase vegetirten sie nur 7 Tage.

Bereits mehrmals wurde darauf hingewiesen, daß die Zersetzung der Kohlenäure von Seite der Pflanzen nur unter Einwirkung des Lichtes erfolge. In neuester Zeit wurden nun von mehreren Seiten Versuche dahin angestellt, in welcher Weise sich die Pflanzen bei Einwirkung verschieden gefärbter Lichtstrahlen in Bezug auf die Zersetzung der Kohlenäure verhalten. Wegen des Interessanten, welches dieser Gegenstand bietet, mögen hier die Beobachtungen, welche in dieser Richtung L. Caillietot machte, im Auszuge mitgetheilt werden.

Caillietot beobachtete, daß unter alleiniger Einwirkung der dunkeln Wärme- strahlen auf Blätter keine Zersetzung der Kohlenäure stattfindet. Er überzeugte sich davon durch den Versuch, daß er Sonnenstrahlen durch eine alles Licht absorbirende Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff auf Blätter fallen ließ, die sich in einem Gemenge von Luft und Kohlenäure befanden. Zur Zersetzung ist nach ihm ferner eine Temperatur von 10—15 Graden nöthig. Die Wirkungen der verschieden gefärbten Strahlen wurden von ihm an Blättern derselben Pflanze mit gleicher Oberfläche beobachtet, die in Glasröhren mit gleichartigen Gasgemengen eingeschlossen, unter Glocken von verschiedenfarbigem Glase den Sonnenstrahlen ausgesetzt wurden. Die Höhe der Temperatur, welche die Luft besonders unter den rothgefärbten Glocken annahm, machte für den Wechsel derselben besondere Vorsichtsmaßregeln nöthig. In folgender Tabelle finden sich die Mengen von Kohlenäure, welche bei verschiedenfarbigen Strahlen und verschiedenen Gasgemengen unzersetzt blieben (in der 1. Reihe enthielt die Luft 18 Prozent, in der 2. Reihe 21, in der 3. Reihe 30 Prozent Kohlenäure.)

Farbiges Medium.	Kohlenäure.			Sonstige Bemerkungen.
Jodlösung in Schwefelkohlenstoff	18	21	30	Photographisches Papier nicht geschwärzt.
Grünes Glas . . . . .	20	30	37	Chlor Silber langsam gefärbt.
Violetttes „ . . . . .	18	19	28	Photographisches Papier schnell geschwärzt.
Blaues „ . . . . .	17	16,50	27	Papier schnell geschwärzt.
Rothtes „ . . . . .	7	5,50	23	Weder Papier noch Chlor Silber geschwärzt.
Gelbes „ . . . . .	5	7	18	Papier nicht geschwärzt.
Matt geschliffenes Glas . .	0	0	2	Papier färbt sich schnell.

Aus der Tabelle geht hervor, daß gerade die Strahlen, welche die größte chemische Wirkung auszuüben pflegen, die Zersetzung der Kohlenäure am wenigsten begünstigen.

Besonders merkwürdig ist das Verhalten der grünen Strahlen, die, mögen sie durch farbige Gläser oder Lösungen fallen, oder von Pflanzenblättern herrühren, die Kohlensäure nicht zersetzen, sondern im Gegentheil eine Absonderung von Kohlensäure herbeiführen. Aus dieser Eigenschaft der grünen Strahlen erklärt Caillotet die Erscheinung, daß unter großen Bäumen, selbst wenn sie wenig Schatten geben, die Vegetation nur dürftig zu sein pflegt. (Gaea — Zeitschrift zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse — Jahrgang 1868.)

Durch den Umstand, daß die Pflanzen, die der Luft beständig in so großen Massen zugeführte Kohlensäure continuirlich wieder aufnehmen, erklärt sich auch der geringe Gehalt der Luft an diesem Körper. Nach den Beobachtungen von de Saussure enthalten 100 Raumtheile atmosphärischer Luft im Mittel aller Jahreszeiten nach den durch eine dreijährige Beobachtungsbauer gegebenen Daten nur 0,041 Volumprocente Kohlensäure.

Bei der Verwesung und Verbrennung, beim Respirationprozesse der Menschen und Thiere, überhaupt bei jedem Drydationsprozesse, deren ja unzählige in der Natur stattfinden, wird der Luft Sauerstoff entzogen. Die Menge des aus der Luft fortwährend verschwindenden Sauerstoffs ist natürlich unter diesen Verhältnissen außerordentlich groß. Ein einziger Mensch entzieht der Luft in 24 Stunden 45 Kubikfuß Sauerstoff, eine einzige Eisenhütte verbraucht hunderte von Millionen Kubikfuß. Trotzdem bemerkt man keine Verminderung des Sauerstoffgehaltes in der Luft. Die Zusammensetzung derselben ist so constant, daß Untersuchungen der Atmosphäre in den verschiedenen Regionen, Höhen, Klimaten keinen Unterschied in dem Verhältniß der beiden Hauptbestandtheile Sauerstoff und Stickstoff ergaben. In den Ebenen von Genf, in dem Chamounythale, auf der Spitze des Montblanc, in der Höhe von 22000 Fuß, welche Gay Lussac in einem Luftballon erreichte, in den überfüllten Schauspielhäusern, in denen Leute ohnmächtig werden, in den Spitälern, in welchen das Lazarethfieber (Spitalbrand) herrscht, über sumpfigen Reisfeldern, in den Aschentrügen von Herkulanum (vor 1790 Jahren untergegangen) wurde das Verhältniß von Sauerstoff zu Stickstoff der Luft vollkommen gleich befunden. Die constante Zusammensetzung der Luft nun ist wenigstens zum Theil bedingt durch die Reduction der Kohlensäure im Pflanzenleibe, wodurch die Luft den Sauerstoff, welcher ihr durch die verschiedenen Drydationsprozesse entzogen wird, mindestens theilweise wieder ersetzt bekommt. Im Allgemeinen wird angenommen, daß der Respirations-

prozeß der Pflanzen überhaupt der Regulator der constanten Zusammen-  
setzung der Luft sei, und, daß sie demnach sämmtlichen Sauerstoff,  
welcher ihr durch die Drydationen entzogen werde, durch den Athmungs-  
prozeß der Pflanzen, bei welchem also der aus der Kohlensäure und  
dem Wasser abgespaltene Sauerstoff ausgehaucht wird, wieder zurück  
erhalte. Dieses Theorem wird übrigens nicht von allen Seiten an-  
erkannt, ohne daß jedoch bis jetzt eine bessere Erklärung dafür ge-  
geben wäre.

In der physischen Geographie von Zimmermann finde ich über diesen Punkt  
Folgendes verzeichnet: Die unendliche Menge von Thieren auf dem Lande, in der  
Luft und im Wasser verzehren viel mehr Sauerstoff, als die Pflanzen entwickeln;  
ein grünerer Strauch von 50 Kubikfuß Räumlichkeit athmet in einem ganzen sonnigen  
Tage nicht so viel Sauerstoff aus, als ein Mensch in einer Minute verbraucht; die  
Menge der Pflanzen ist aber, wenn man dieses Verhältniß in das Auge faßt, gar  
nicht so übertrieben groß — die beiden Polarzonen haben fast gar keine Vegetation.  
Auf der Südhälfte ist kein Land, welches grünt, auf der Nordseite dauert die Ve-  
getationsperiode sechs Wochen und zehn und einen halben Monat liegt der Pflanzen-  
wuchs ganz darnieder. Die gemäßigte Zone auf der Südhälfte der Erde ist nur  
dürftig mit Land bedacht, und auf ihr, wie auf der steppenreichen Erdhälfte dauert  
die Vegetation nur 4 bis 5 Monate, so daß, wenn man davon noch die Nacht ab-  
zieht, auch nicht gar zu viel Material zur Entwicklung von Sauerstoff übrig bleibt.  
In den heißen Zonen findet man allerdings in Urwäldern und Grassuren die  
Möglichkeit einer starken Sauerstoffentwicklung gegeben, dagegen aber in eben diesen  
Urwäldern, in den unerforschlichen Humusmassen, entstanden durch das Jahrtausende  
schon währende Verwesen der absterbenden Pflanzen, einen Herd, auf welchem so  
viel Sauerstoff verzehrt wird, daß die entwickelte Menge der verzehrten kaum das  
Gleichgewicht halten dürfte. Ueberdies ist aber der Sauerstoffgehalt der Luft über  
Eisfeldern der Polargegenden, über Sandwüsten der heißen Zone, oder in sonnebe-  
schienenen Wäldern der gemäßigten Zonen ganz gleich. Bei alledem ist keine andere  
Erklärung über den Bestand des Sauerstoffs in der Atmosphäre zu geben, und man  
wird sich vorläufig mit der unerklärten Thatsache begnügen müssen, daß dieses Ver-  
hältniß besteht und sich erhält, trotz der ungeheuren Consumtion.

Wie man also sieht, ist man darüber noch ziemlich im Unklaren  
und weiß keineswegs genau, wie es sich mit dem constanten Verhältniß  
des Sauerstoffs in der Atmosphäre verhält in Bezug auf die ange-  
nommenen äquivalenten Ergänzungen der gebenden und nehmenden  
Faktoren. Uebrigens ist der Vorrath von Sauerstoff in der Luft nach  
angestellten Berechnungen so groß, daß, wenn ihr auch durch den Ve-  
getationsprozeß gar nichts von diesem Gase zugeführt würde, die Ab-  
nahme des Sauerstoffs in der Atmosphäre selbst in 100000 Jahren  
eine so geringe sein würde, daß wir diese Differenz selbst durch die

besten Cubimeter zu bestimmen noch nicht im Stande sein würden, und es ist daher an einen Untergang der Pflanzen und Thiere auf der Erde, aus Mangel an Sauerstoff, gar nicht zu denken.

Die Aufnahme der Kohlensäure von Seite der Pflanzen erfolgt theils direct aus der Atmosphäre durch die Blätter und grünen Theile der Pflanzen, theils nehmen sie die Pflanzen durch ihre Wurzeln aus dem Boden auf. Pflanzen, welche sich auf nackten Felsen entwickeln, wie z. B. die Flechten, können ihren Kohlenstoff nur der atmosphärischen Kohlensäure entnehmen. In den Boden gelangt die Kohlensäure entweder aus der Atmosphäre, durch wässerige Niederschläge, durch Regen, Thau u. s. w., oder sie bildet sich in demselben auch durch Verwesung organischer Substanzen (Humus, Dünger); außerdem findet sie sich im Boden auch in Gestalt von kohlensauren Salzen, als kohlensaurer Kalk, kohlensaures Ammoniak u. s. f. Bei Wasserpflanzen ist nur die Aufnahme von in Wasser gelöster Kohlensäure denkbar. Es ist aber auch für die Wasserpflanzen durch Versuche erwiesen, daß sie Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff aushauchen. Sämmtlicher Kohlenstoff aller organischen Wesen stammt also direct (bei Pflanzen) oder indirect (bei Thieren) von der Kohlensäure.

In Bezug auf den ersten Ursprung der Kohlensäure muß man annehmen, daß es eine Zeit gab, in welcher die Atmosphäre anders constituirt war, als heut zu Tage, und namentlich Kohlensäure in einem weit größern Verhältniß enthielt, als wie gegenwärtig. Jene Kohlensäure rief unter Mitwirkung einer treibhausähnlichen Wärme der Erde die untergegangene gigantische Vegetation ins Leben, auf welche uns jetzt noch die immensen Lager von Steinkohlen hinweisen. Der Kohlenstoff der jetzigen Atmosphäre beträgt vielleicht nicht den zehnten Theil von dem Kohlenstoff der bis jetzt bekannten Steinkohlenlager.

Nach Taylor sollen die Steinkohlenlager in Durham und Northumberland (die gegenwärtige Consumtion als Maßstab genommen) für 1340 Jahre ausreichen. Das Kohlenlager von Südwales am Bristol-Kanal soll nach Bakewell den gegenwärtigen Bedarf von ganz England für 5000 Jahre decken. Der Kohlenreichtum Preußens wird bei dem jetzigen Verbräuche von etwa jährlich 100 Millionen Zentner nach einer 1856 veröffentlichten Angabe der preussischen montanistischen Behörde noch 4000 bis 5000 Jahre ausreichen.

#### 4. Wasserstoff.

Bekanntermassen ist der Wasserstoff einer der Hauptbestandtheile der Pflanzen und wird zunächst dem Kohlenstoffe in vielfachen Atom-

verhältnissen darin angetroffen. Frei als Wasserstoffgas soll er in den Pilzen vorkommen.

Unter den unorganischen Verbindungen, welche den Pflanzen die Elemente zu ihren verbrennlichen Stoffen liefern, enthalten das Ammoniak und das Wasser Wasserstoff.

Es wurde oben darauf hingewiesen, daß man die Bildung der meisten stickstoffhaltigen organischen Verbindungen in der Pflanze in der Weise auffassen kann, daß der Wasserstoff des Ammoniaks aus diesem austritt und durch organische Radicale vertreten wird. Wahrscheinlich geht nun dieser abgepaltene Wasserstoff in die organischen Verbindungen der Pflanze ein, wenigstens wurde eine Entwicklung von Wasserstoffgas bei den Bildungsvorgängen in der Pflanze niemals wahrgenommen, und es stammt sonach ein Theil des in den pflanzlichen Stoffen vorhandenen Wasserstoffs möglicherweise von dem aufgenommenen Ammoniak. Den größten Theil des Bedarfes an Wasserstoff erhält jedoch die Pflanze unzweifelhaft aus dem Wasser.

De Saussure fand, daß mit der Abscheidung des Sauerstoffs und mit der Zerlegung der Kohlensäure die Pflanze an Gewicht zunimmt, was dafür spricht, daß mit dem Kohlenstoff gleichzeitig die Elemente des Wassers von der Pflanze assimilirt werden. Indem der Kohlenstoff aus der Kohlensäure frei wird, muß er, da alle organischen im Pflanzenleibe vorkommenden Verbindungen Wasserstoff enthalten, an Wasserstoff treten. Daß dieser ihm aber von dem für das Pflanzenleben unentbehrlichen und überall vorhandenen Wasser geliefert werde, liegt wohl am Nächsten. Sehr wahrscheinlich ist, daß Kohlensäure und Wasser in der Pflanze zu gleicher Zeit unter Mitwirkung der sogenannten imponderabilen Agentien (Licht, Wärme, Electricität) zerlegt werden, und daß dann der Wasserstoff in statu nascenti mit den Bestandtheilen der Kohlensäure stickstofffreie organische Verbindungen bildet. Dabei wird wahrscheinlich aus beiden Verbindungen Sauerstoff abgeschieden, welcher zum Theil in die Atmosphäre entweicht, zum Theil aber an schon vorhandene organische Verbindungen tritt.

Daß die Pflanzen ihren Wasserstoff zum größten Theile aus zerlegtem Wasser aufnehmen, dürfte insbesondere auch aus dem Umstande erhellen, daß das Wasser unter den verschiedenartigsten Verhältnissen sehr leicht zerlegbar ist. Man kann sich von der Wasserzerlegung durch die Pflanzen ganz leicht überzeugen, wenn man sich die Mühe nimmt,

einen mit Pflanzen versehenen Wasserbehälter, einen Sumpf, zu beobachten; die Zerlegung des Wassers manifestirt sich hier ganz deutlich durch den Geruch der entweichenden Kohlen-, Schwefel- und Phosphorwasserstoffgase und die Blasenbildung auf der Oberfläche des Wassers.

Wenn man die Zusammensetzung der Kohlenhydrate betrachtet, in welchen bekanntlich Sauerstoff und Wasserstoff in gleichen Gewichtsverhältnissen vertreten sind ( $C_{2x}H_nO_n$ ), so könnte man sich wohl auch veranlaßt sehen, anzunehmen, der Wasserstoff trete einfach in der Verbindung Wasser an den Kohlenstoff; diese Annahme könnte aber nur für die Kohlenhydrate Geltung haben, weil in allen andern organischen Verbindungen dieses Gewichtsverhältniß nicht wiederkehrt, indem dieselben entweder ein plus oder ein minus von Wasserstoff enthalten, einige bestehen sogar nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Wachs, Harze, flüchtige Oele, Kautschuk enthalten alle mehr Wasserstoff als Sauerstoff.

## 5. S c h w e f e l.

Vier Elemente organischer Verbindungen vermag die Atmosphäre zu liefern, nämlich Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff; das fünfte Element, der in gewissen organischen Verbindungen enthaltene Schwefel kann nicht der Luft entstammen, trotzdem die letztere unter Umständen eine schwefelhaltige, gasförmige Verbindung enthält, nämlich Schwefelwasserstoff. Dieses Gas ist aber nichts weniger als ein constanter Bestandtheil der Luft. Dasselbe findet sich nur in der Nähe der Orte, wo es entwickelt wird, (Düngerhaufen, Abtritte, Schwefelquellen) und auch hier nur so lange, als die Entwicklung dauert, indem es sich bekanntlich in Berührung mit dem Sauerstoff der Luft äußerst rasch in Wasser und Schwefel umsetzt. In der im Boden enthaltenen Luft findet man keine Spur von Schwefelwasserstoff. Angenommen nun auch, dieses Gas könnte Schwefel zur Bildung organischer Verbindungen liefern, so hätte dies natürlich nur für jene Pflanzen eine Bedeutung, welche sich in unmittelbarer Nähe der Entwicklungsstätte befänden, indem eben die andern in keinerlei Beziehung zu diesem Körper kommen könnten; daß sich aber nicht nur an Stellen, wo sich Schwefelwasserstoff entwickelt, schwefelhaltige organische Verbindungen bilden, sondern daß dies überall statt hat, wo Pflanzen vorkommen, ist genugsam bekannt; übrigens ist sicher, daß von einem Verhältniß

des Schwefelwasserstoffs zur Vegetation, in welchem dieser Körper die Rolle eines Bildungsmaterials spielte, schon aus dem Grunde keine Nebe sein kann, weil eine Schwefelwasserstoffhaltige Luft geradezu nachtheilig auf die Vegetation wirkt, indem darin erfahrungsgemäß die Pflanzen absterben.

Der Schwefel der pflanzlichen Verbindungen stammt aus den Schwefelsauren Salzen des Bodens. In jedem Boden, auf welchem Pflanzen wachsen, finden sich Schwefelsaure Salze. Kommen diese mit Ammoniak-, Kali- und Natronsalzen zusammen, so zersetzen sie sich wechselseitig; aus kohlensaurem Ammoniak und Schwefelsaurem Kalk wird Schwefelsaures Ammoniak und kohlensaurer Kalk; aus Chlorkalium oder Chlornatrium und Gyps wird Schwefelsaures Kali oder Natron und Chlorcalcium gebildet und diese assimilationsfähigen Schwefelsauren Alkalien gelangen dann durch die Wurzelzellen in den Pflanzenaft.

Man findet deshalb in den Pflanzen neben dem Schwefel, welchen manche Verbindungen, z. B. die Albuminate enthalten, immer auch Schwefelsaure Salze, und es ist daher kaum zweifelhaft, daß der Schwefel dieser Verbindungen aus der Schwefelsäure der Schwefelsauren Salze abzuleiten ist. Es werden Wasser und Kohlenäure von der Pflanze zerlegt, warum sollte dies nicht auch mit der Schwefelsäure der Fall sein können, deren Elemente nicht fester gebunden sind, als die des Wassers, und jedenfalls viel weniger fest, als wie diejenigen der Kohlenäure. Für die Zerlegungen der Schwefelsäure in den Pflanzen spricht außerdem auch der Umstand, daß in den Eiweißsubstanzen neben Schwefel auch Kali und Natron angetroffen werden, zwei Basen, die an Schwefelsäure gebunden in die Pflanzen gelangen, bei der Zerlegung der Schwefelsäure in Freiheit gesetzt werden und sich daher auch wieder neben dem Schwefel in den Eiweißkörpern finden. Albumin ist in Folge dieses Kali- und Natrongehaltes in Wasser leicht löslich, und ebenso waren wohl auch das Legumin in den Samenlappen der Leguminosen und der Kleber in den Cerealien durch die mit ihnen verbundenen Alkalien im Pflanzenafte löslich, bevor sie sich ablagerten.

## 6. Die feuerbeständigen unorganischen Bestandtheile der Pflanzen.

Das Verhältniß, in welchem die Pflanze zu ihren unverbrennlichen Verbindungen steht, ist, wie schon bemerkt, ein sehr einfaches, indem sie dieselben fertig gebildet nur dem Boden zu entnehmen braucht, während

die verbrennlichen Verbindungen der Pflanze erst aus unorganischen Stoffen gebildet werden müssen. Man würde indeß einen gewaltigen Irrthum begehen, wollte man aus diesem Umstande schließen, daß die feuerbeständigen Bestandtheile der Pflanzen von geringerem Werthe für die Bildung und für das Bestehen der Pflanze seien, als die sogenannten verbrennlichen Elemente derselben; es ist vielmehr sicher, daß, wie Liebig dargethan hat, die organischen Pflanzentheile sich bei Abwesenheit der benötigten feuerbeständigen Stoffe in dem Boden, auf welchem sie sich bilden sollen, gar nicht entwickeln können, und wenn auch die andern zu ihrer Bildung erforderlichen Nahrungsmittel, Kohlenäure, Wasser und Ammoniak in Hülle und Fülle vorhanden sind; ohne Alkalien entsteht kein Albumin, ohne phosphorsaure Alkalien und Erdsalze kein Kleber, kein Legumin. Noch mehr: eine Pflanze kann nicht gedeihen, wenn der Boden nicht alle Bestandtheile ihrer Asche enthält.

Unsere Kulturpflanzen z. B. enthalten vorzugsweise folgende acht Bestandtheile in ihrer Asche: Kali, Kalk, Magnesia, Eisen, Kochsalz, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Kieselsäure. Diese acht Stoffe sind für die Kulturpflanzen gleichwerthig; wenn einer oder der andere im Boden fehlt, so sind die andern wirkungslos; sie sind gleich acht Ringen einer Kette um ein Rad. Ist einer von ihnen schwach, so reißt die Kette bald; der fehlende ist immer der Hauptring, ohne den sich das Rad der Maschine nicht bewegt. Die Stärke der Kette bedingt der schwächste von den Ringen.

Die Abhängigkeit der Entwicklung der Pflanzen vom Boden giebt sich durch eine Menge der unzweideutigsten Thatsachen zu erkennen. Die Theestaude von China nach Java oder nach Südamerika verpflanzt ändert sich in ihrer Entwicklung derart, daß der javanische oder amerikanische Thee dem chinesischen in seiner Dualität entfernt nicht gleichgestellt werden kann. Die sogenannte Zeltower-Rübe gedeiht nur im Sandboden der Mark, versetzt man sie in einen üppigeren Boden, so artet sie zu unförmigen Knollen aus. Das Nämliche gilt vom Tabak und der Rebe. Der feinste Havannatabak degenerirt auf Java alsbald; die edelste Rebe giebt unter sonst gleichen Bedingungen nur dann einen edlen Wein, wenn der Boden der für sie passende ist. Kartoffel, die im Keller keimen, wo ihnen die Erde fehlt, entwickeln Solanin, von dem wir keine Spur in den Kartoffeln finden, die auf dem Acker gewachsen sind.

Was in Vorstehendem über die Abhängigkeit der Bildung der Pflanzen von dem Gegebensein aller wesentlichen unorganischen Bestandtheile der Pflanzenasche gesagt wurde, bezieht sich natürlich nicht auf das Quantum, welches die Pflanze von jedem der unverbrennlichen Stoffe aus dem Boden aufnimmt. Bezüglich dieser Gewichtszahlen findet nichts weniger als Gleichwerthigkeit statt, sondern die quantitativen Aschenanalysen der Pflanzen zeigen vielmehr, daß in der einen Pflanze der eine, in einer andern der andere von den unorganischen Stoffen in einem vorwiegenden Gewichtsverhältniß enthalten ist; so bedürfen z. B. die Wasserpflanzen zu ihrer Entwicklung vorzugsweise Natron, die Gramineen besonders Kieselsäure; die Cerealien benöthigen außer den genannten Stoffen ein gewisses Verhältniß von phosphorsauren Verbindungen, dann Kali u. s. w.

Aber auch die Vertheilung der unorganischen Bestandtheile im Pflanzenorganismus selbst ist eine ungleichartige. Wie man im Thierkörper in der Asche des einen Organs diesen, in der eines andern jenen unorganischen Bestandtheil in vorwiegender Menge findet, so auch im Pflanzenorganismus; es geht z. B. das Kali, welches der Weinstock aus dem Boden aufnimmt, größtentheils in das Holz und die Blätter der Rebe über, während sich nur ein geringerer Theil davon in den Trauben vorfindet. Untersuchungen von Cerealien zunächst auf ihren Gehalt an Phosphorsäure und Stickstoff, ausgeführt durch W. Mayer, ergaben, daß zwischen den Eiweißstoffen und der Phosphorsäure ganz bestimmte Verhältnisse bestehen, so zwar, daß mit der Zunahme der Eiweißkörper eine proportionale Zunahme der Menge der Phosphorsäure stattfindet. Dieses Verhältniß ist für jeden der Eiweißstoffe ein anderes: für das lösliche Pflanzeneiweiß, das Legumin und den Kleber. Die Früchte der Leguminosen, in welchem hauptsächlich Legumin mit löslichem Eiweiß vorkommt, enthalten auf dieselbe Menge Phosphorsäure ein und einhalb bis zweimal so viel Stickstoff als die Getreidekörner, deren Albuminate vorzugsweise aus Kleber mit wenig löslichem Eiweiß bestehen. Wenn man also den Stickstoffgehalt der Früchte von Getreide oder Leguminosen kennt, so ist man im Stande, deren Gehalt an Phosphorsäure zu bestimmen. Zöller fand, daß ein ähnliches Verhältniß zwischen der Zellstoffmenge und dem Kieselsäuregehalt der Gerstenkörner stattfindet, sowie zwischen der Menge der Alkalien und des Stärkmehls dieser Samen. Wahrscheinlich werden auch noch für die andern

unorganischen Stoffe und für gewisse organische Verbindungen in der Pflanze solche bestimmte Verhältnisse gefunden.

Bezüglich der Art der Aufnahme unorganischer Stoffe von Seite der Pflanzen herrschte bis auf die jüngste Zeit die Ansicht, daß die Pflanzen ihren Bedarf an unverbrennlichen Bestandtheilen einfach in einer Lösung aus dem Boden zugeführt erhalten; es erschien daher auch die weitere Annahme ganz correct, daß ein Nahrungsmittel im Boden, entfernt von jeder Wurzelfaser, die Pflanze ernähren könne, wenn sich zwischen der Faser und dem Nahrungsstoffe Wassertheilchen befänden, die denselben aufzulösen vermögen. Man sagte, daß, weil in Folge der Verdunstung durch die Blätter die Pflanzenwurzeln beständig Wasser aufsaugen, die Wassertheilchen im Boden gleichsam eine Bewegung nach der Wurzelfaser hin empfangen; eine mit den Wassertheilchen gleiche Bewegung habe natürlich der darin gelöste Stoff. Es wurde das Wasser so zu sagen als Karren betrachtet, der die entfernten Bodenbestandtheile in die Nähe und in unmittelbare Berührung mit der Pflanze bringe.

Diese Auffassungen waren nach Liebig ein Irrthum. Gewisse von ihm und auch von andern Forschern (Bronner, Thompson, Hutstable, Way) im Interesse der Landwirthschaft angestellte Experimente und Beobachtungen haben die Unhaltbarkeit derselben wenigstens für Culturpflanzen dargethan, und was für die Kulturpflanzen in dieser Beziehung gilt, gilt auch für die andern Landpflanzen. Der durch Liebig begründete Satz von der Unentbehrlichkeit der Aschenbestandtheile der Pflanzen für ihren Lebensprozeß und die Resultate der berührten Versuche wurden für die rationelle Landwirthschaft von außerordentlicher Bedeutung, indem durch dieselben sowohl der Landwirthschaftswissenschaft, als auch der praktischen Landwirthschaft eine ganz andere Basis gegeben wurde. Auf diese Erfahrungen fußt sich auch das Verdammungsurtheil Liebig's über das gegenwärtige System der Bewirthschaftung des Bodens, welches er als *Kaubsystem* bezeichnet.

Die Negation der Annahme, daß die Pflanzen ihre unorganische Nahrung einfach in einer Lösung erhalten, erfährt ihre Begründung durch den Nachweis, daß das in der Ackerkrume enthaltene Wasser dieser nicht nur keine Nährstoffe zu entziehen vermöge, sondern es werden ganz im Gegentheil etwa im Wasser gelöste Stoffe durch die Ackerkrume diesem entzogen.

Filtrirt man nämlich Regenwasser durch Garten- oder Ackererde, so sollte man meinen, dieses Wasser würde mit Hülfe der in ihm enthaltenen Kohlensäure Kali, Ammoniak, Kieselsäure, Phosphorsäure 2c. auflösen. Dies geschieht aber nicht, wenn auch das Filtriren noch so lange fortgesetzt wird; man findet im Filtrate keine Spur von diesen Stoffen. Behandelt man dieselbe Erde mit Wasser, welches Kali, Ammoniak, Phosphorsäure, Kieselsäure 2c. aufgelöst enthält, so bemerkt man, daß diese Stoffe aus der Lösung fast augenblicklich verschwinden; die Ackererde hat sie nämlich dem Wasser entzogen. Dieses Absorptionsvermögen der Ackererde äußert sich jedoch nicht allen in einem Wasser gelösten Bestandtheilen gegenüber in demselben Grade, sondern es werden einer solchen Lösung gerade nur diejenigen vollständig entzogen, welche unentbehrliche Nahrungsmittel der Pflanzen sind. Bringt man z. B. mit kohlenstoffhaltigem Wasser bereitete Lösungen von phosphorsaurem Kalk, oder von phosphoraurer Ammoniak-Magnesia mit Ackererde zusammen, so bleibt die Phosphorsäure des phosphorsaurer Kalkes, sowie diejenige der phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, dann das Ammoniak dieser letztern Verbindung in der Ackererde vollständig zurück, während man Kalk und Magnesia theilweise im Filtrat findet. Kali und Natron stehen sich bekanntlich in ihrem chemischen Verhalten sehr nahe und auch ihre Salze haben viele Eigenschaften mit einander gemein; so z. B. krystallisirt das Chlorkalium gerade so, wie das Kochsalz, nämlich in Würfeln, auch in Geschmack und Löslichkeit differiren diese beiden Salze wenig. Bringt man nun wie oben eine verdünnte Chlorkaliumlösung mit gepulverter Ackererde zusammen, so entzieht die Ackererde dem Chlorkalium alles Kali, während dieselbe Menge Erde einer Kochsalzlösung noch nicht die Hälfte Natrium entzieht; ebenso wird von schwefelsaurem und salpetersaurem Natron nur ein Theil desselben in der Ackererde zurückgehalten, während von salpetersaurem und schwefelsaurem Kali alles Kali im Boden zurückbleibt. Dieses verschiedene Verhalten der Ackererde gegenüber den Kali- und Natronsalzen gewinnt sogleich Bedeutung, wenn man bedenkt, daß die Asche der Landpflanzen vorzüglich Kali enthält.

In den vorstehenden Versuchen äußerte sich also die Anziehungskraft der Ackererde vorzüglich auf drei Hauptnahrungsstoffe der Kulturpflanzen, nämlich Ammoniak, Kali und Phosphorsäure, während Körper, die für den Bildungsprozeß der Pflanzen nicht in dem Grade nothwendig sind,

wie die genannten, nur theilweise absorbirt wurden. In der That gibt es in der Chemie keine wunderbarere Erscheinung, keine, welche alle menschliche Weisheit so sehr verstummen macht, wie die, welche das Verhalten eines für den Pflanzenwuchs geeigneten Garten- und Ackerbodens darbietet.

Wie sich die Ackererde gegen diese künstlich bereiteten Lösungen von Pflanzennährstoffen verhält, so verhält sie sich auch gegenüber den Düngstoffen. Aus verdünnter Mistjauche oder Gülle, oder aus einer Auflösung von Guano im Wasser nimmt Ackererde alles darin enthaltene Ammoniak, alles Kali und alle Phosphorsäure auf und wenn die Menge der Erde genügte, so enthält das abfließende Wasser keine Spuren mehr davon.

Natürlich ist die Fähigkeit der Ackerkrume, oben erwähnte Stoffe ihren Auflösungen zu entziehen, begränzt; anßerdem ist der Absorptions-Coefficient nicht für jede Bodenart derselbe; Sandboden absorbirt bei gleichem Volumen weniger als Mergelboden und dieser weniger als der Thonboden. Ein an organischen Stoffen (Humus) reicher Boden entzieht einer Lösung von kieselurem Kali alles Kali, die Kieselsäure bleibt aber gelöst, humusreiche Thon- und Kalkboden nehmen aus einer solchen Lösung alles Kali und alle Kieselsäure auf.

Auch in praxi findet man Thatfachen, auf Grund deren man die Möglichkeit, als empfangen die Landpflanzen ihre unorganische Nahrung aus einer Lösung, entschieden negiren muß.

Drainwasser enthalten alle Stoffe, welche das Regenwasser aus der Ackerkrume zu lösen vermag, und ihre Zusammensetzung gibt einen Begriff von der Menge derselben, welche eine Pflanze während ihrer Vegetationsperiode aus dieser Lösung möglicher Weise empfangen kann. Analysen von Drainwasser einer bestimmten Fläche Landes nun haben einen so geringen Gehalt derselben an unorganischen Stoffen erwiesen, daß dessen Menge kaum den 300sten bis 400sten Theil der unorganischen Bestandtheile beträgt, welche z. B. auf dieser Fläche gebaute Kartoffelpflanzen während ihrer Vegetationsperiode bedürfen.

Diesen Thatfachen gegenüber muß die Ansicht, daß die Landpflanzen ihre unorganischen Nahrungsmittel einfach in einer Lösung erhalten, aufgegeben werden; man muß vielmehr annehmen, daß sie dieselben direct von den Theilen der Ackerkrume empfangen, welche mit den aufsaugenden Wurzeln sich in Berührung befinden. Auf welche Weise

nun diese Aufnahme geschieht, welche Wechselwirkung zwischen den Pflanzenwurzeln und ihren Säften einerseits und der Ackerkrume anderseits besteht, darüber herrscht noch keine Gewißheit.

Nach Liebig geschieht die Aufnahme dadurch, daß die Wurzeln der Pflanzen im Boden Kohlenäure ausscheiden, welche die von der Ackererde zurückgehaltenen löslichen Stoffe frei macht: eine mit ihrer Wurzel in blauer Lackmuslösung wachsende Gemüsepflanze bewirkte durch Säureausscheidung das Rothwerden der Flüssigkeit und nach dem Aufkochen derselben kehrte die blaue Farbe zurück. Die Ausscheidung einer freien Säure durch die Wurzeln war schon Becquerel bekannt; ebenso wissen die Gärtner, daß Hornspähne in der Ackererde ohne Pflanzen nur sehr langsam verzehrt, dagegen durch die Wurzeln leicht aufgelöst werden. Daß die Wurzel auf das Meibium, in welchem sie lebt, chemisch einwirkt, wird durch *Colocasia antiquorum* bewiesen, welche durch ihre Wurzeln die Fäulniß des stehenden Wassers im hohen Grade verhindert; eine junge Pflanze, die Schacht auf Madeira im Wasser wachsen ließ, erhielt das letztere beständig klar, während der Blattstiel der *Colocasia* schon nach wenigen Tagen das Wasser eines andern Gefäßes trübe und faulig machte. (Schacht — Anatomie und Physiologie der Gewächse.)

Für viele Wasserpflanzen, deren Wurzeln den Boden nicht berühren, müssen, wie sich von selbst versteht, für die Aufnahme ihrer mineralischen Nahrung andere Gesetze bestehen, sie müssen sie wie die Seegewächse aus dem umgebenden Medium nehmen; denn überall, wo eine Pflanze wächst, muß sie die Bedingungen ihrer Existenz finden.

Wenn nun auch die Art und Weise des Vorganges bei der Assimilation der unorganischen Bestandtheile von Seite der Pflanzen noch nicht genau bekannt ist, so weiß man doch so viel, daß die Pflanzen bei der Aufnahme der unorganischen Nahrungsmittel aus dem Boden eine Auswahl treffen, indem sie dieselben nur in Verhältnissen aufnehmen, die für ihren Lebensprozeß die geeignetsten sind, keineswegs aber in solchen, in denen sie ihnen in Lösungen dargeboten werden. Dies gilt nicht allein für die Landpflanzen, sondern auch für die Wasserpflanzen. Liebig sagt daher in Bezug auf dieses merkwürdige Verhältniß der Pflanzen zum Boden wohl mit Recht, daß im Boden eine Polizei bestehe, welche die Pflanze vor einer schädlichen Zufuhr schütze.

Die Untersuchung der Wasserlinsen (*Lemna trisulca*) bot in dieser Hinsicht interessante Beobachtungen. Es wurde eine Portion dieser Pflanzen von einem künstlichen Sumpfe des botanischen Gartens in München verbrannt und ihr Aschengehalt bestimmt und ebenso bestimmte man die unorganischen Bestandtheile des Sumpfwassers. Eine Vergleichung der Zusammensetzung des Salzkückstandes vom Sumpfwasser mit der Zusammensetzung der Asche von den Wasserlinsen ergab nun, daß das

Wasser 45 Prozent Kalk und Magnesia, die Pflanze dagegen nur 21 Prozent von beiden enthielt; das Wasser enthielt 0,72 Prozent Eisenoxyd, die Pflanze zehnmal mehr. Die Wasserlinsen nahmen demnach die löslichen Mineralbestandtheile in den Verhältnissen auf, wie sie dieselben für ihren Lebensprozeß bedurften, nicht aber in denjenigen, wie sie ihnen von dem Sumpfwasser dargeboten wurden.

In der Asche von *Trapa natans* aus einem Teiche bei Nürnberg fand man 28 Prozent Kieselsäure, während im Salzkristallestande des Teiches kaum 2 Prozent davon vorhanden waren; die Menge des Mangans in der Asche dieser Pflanze betrug 7 bis 13 Prozent, während im Wasser nur 0,1 Prozent davon enthalten war; das Wasser war reich an Kalk, Magnesia und Schwefelsäure, während die Pflanze von diesen Bestandtheilen nur wenig enthielt, alles Belege dafür, daß sich die Pflanzen ihre unorganischen Bestandtheile selbst auswählen.

## 7. Assimilation des Wassers.

Es wurde oben wiederholt auseinandergesetzt, daß das Wasser direktes Nahrungsmittel für die Pflanzen sei, insofern eben seine Bestandtheile mit dem Kohlenstoff der Kohlensäure organische Substanzen bilden. Neben dieser Funktion ist ihm im Pflanzen-Organismus noch eine andere zugewiesen; dasselbe ist nämlich zugleich das Lösungsmittel der in dem Pflanzensaft enthaltenen festen Substanzen und beträgt in dieser Eigenschaft der Menge nach oft mehr, als die organischen und die feuerbeständigen Bestandtheile der Pflanze zusammengenommen. Die Vegetation geht an Stellen, wo zu wenig Feuchtigkeit vorhanden ist, nicht von statten. Sandwüsten sind unfruchtbar, weil den Sandkörnern nicht die Fähigkeit zukommt, Wasserdampf aus der Atmosphäre zu verdichten, und weil sie auch das Regenwasser nicht zurückzuhalten vermögen. Wird der Sand dagegen gehörig feucht erhalten, so wachsen auch auf ihm Pflanzen, obwohl nicht so üppig, als auf andern Bodenarten, welchen auch die übrigen zur Pflanzennahrung nöthigen Bedingungen eigen sind.

Den größten Theil des Bedarfes an Wasser nehmen die Pflanzen wohl durch ihre Wurzeln auf. Während darüber keine Meinungs-differenzen herrschen, wird die Möglichkeit der Wasseraufnahme durch die Blätter von einigen Seiten bestritten. Die Wurzelspitzen der Landpflanzen, durch welche das Wasser aufgenommen wird, bilden ein kleinzelliges Gewebe mit einem concentrirten Inhalte, welcher zum großen Theile aus Schleim, einer sehr stark endosmotisch wirkenden Substanz besteht. Die Wurzeln der Wasserpflanzen sind auf ihrer Oberfläche glatt, ihre Zellen sind weit und ihr Inhalt ist dünnflüssig. Das hygroskopische Wasser des Bodens wird nach Schleiden von den Oberhautzellen der Wurzeln aufgenommen, welche zu langen Papillen auswachsen, um die kleinen Erdklümpchen zu umschließen.

Gleichzeitig mit der Aufnahme von Wasser durch die Pflanzen geht auch eine Verdunstung desselben vor sich. Die Wasserquantitäten, welche die Pflanzen durch Abdunstung abgeben, sind sehr bedeutend. Nach Hales verliert ein Kohlkopf in 12 Stunden 1 Pfund und 6 Loth Wasser durch Verdunstung. Ein Morgen Landes mit Hopfen bepflanzt verdunstet in 120 Tagen 4250000 Pfund Wasser. Manche Pflanzen scheiden auch Wasser im flüssigen Aggregat-Zustande ab, so z. B. *Nepenthes destillatoria*, *Sarracenia purpurea* u. a. Selbstverständlich müssen die abdunstenden Wassermengen geringer sein, als die aufgenommenen, weil ja ein Theil des Wassers zur Bildung organischer Verbindungen verwendet wird. Versuche bestätigen dies. Nach Senebier steht das aufgenommene Wasser zu dem abdunstenden im Verhältniß wie 15 : 13. (Corup-Besancz *Physiol. Chemie.*) Die Wasserreservoirs sind: a) für das tropfbar flüssige Wasser alle diejenigen Orte, in welchen tropfbar flüssiges Wasser verweilt, oder ab- und zufließt; b) für das gasförmige Wasser die Atmosphäre und c) für das feste Wasser, und zwar 1) in der Gestalt von Eis, die nördlichen und die hohen Gebirgsregionen; 2) für das Hydrat- und hygroskopische Wasser eine Menge von Gesteinen, Mineralien, Salzen, Thonerde, Humussubstanzen und andere Körper.

### Einiges über die Art des Vorganges bei der Bildung organischer Verbindungen in der Pflanze.

Betrachtet man die Zusammensetzung der unorganischen Verbindungen, aus welchen sich die organischen bilden, also der Kohlensäure ( $C_2 O_4$ ) des Wassers (HO) und des Ammoniak's ( $NH_3$ ) und vergleicht man dieselbe mit der Zusammensetzung organischer Verbindungen z. B. mit der empirischen Formel des Eiweißes ( $C_{72} H_{56} N_9 O_{22} S_1$ ), so sieht man sogleich, daß die Äquivalentzahl der Bestandtheile dieser letztern Verbindung ungleich viel größer, als diejenige der drei erstern Stoffe ist. Eine solch' complexe Zusammensetzung haben alle höhern organischen Verbindungen, während bei den unorganischen Stoffen Einfachheit der Zusammensetzung Regel ist. Wenn daher organische Pflanzenstoffe aus den erwähnten unorganischen Verbindungen auf direktem Wege entstehen sollen, so kann dies nur durch Synthese geschehen, nur dadurch, daß sich die Moleküle dieser letztern zu einander unter Abscheidungen und Substitutionen addiren. Eine solche Art der Bildung organischer Verbindungen kann nichts Befremdendes mehr haben, seitdem man weiß, daß man auf dieselbe Weise mittels des Experimentes organische Verbindungen zu erzeugen vermag. Neuere Forschungen haben gelehrt, daß wir vom rein Unorganischen zum Organischen aufsteigen können und daß man einfachere kohlenstoffärmere organische Verbindungen in

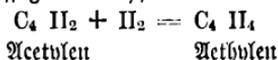
**Kohlenstoffreichere, complexere verwandeln kann. Organisch und unorganisch unterscheidet sich nur durch ein Mehr oder Weniger in der Complicirtheit der stofflichen Mischung. (Moleschott.)**

Nachfolgend einige Beispiele für die künstliche Bildung organischer Verbindungen aus unorganischen:

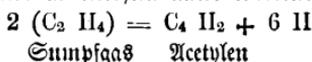
Kohlenstoff und Wasserstoff, zwei Grundstoffe, vereinigen sich unter Mitwirkung des elektrischen Flammenbogens zu Acetylen:



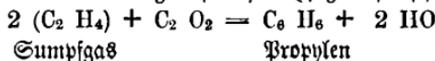
Acetylen und Wasserstoff geben Aethylen:



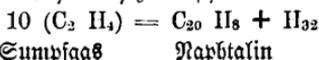
Sumpfgas verwandelt sich unter Einwirkung der Hitze oder der Funken eines kräftigen Inductionsapparates in Acetylen unter Austritt von Wasserstoff:



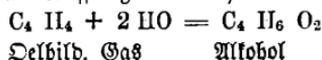
Sumpfgas giebt bei Einwirkung auf Kohlenoxydgas Propylen:



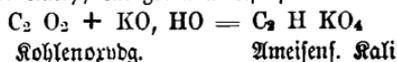
Sumpfgas giebt zum Glühen erhitzt Naphthalin:



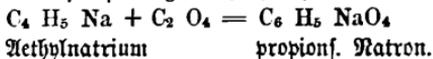
Delbildendes Gas und Wasser geben Alkohol:



Kohlenoxydgas und Kalihydrat geben ameisen-saures Kali



Aethylnatrium und Kohlensäure geben propionsaures Natron:



Außer diesen Verbindungen hat man noch eine Reihe anderer, insbesondere Kohlenwasserstoffe, synthetisch aus einfacher zusammengesetzten Verbindungen erzeugt.

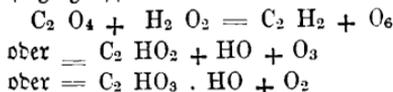
Nicht alle organischen Verbindungen müssen indeß direkt aus Ammoniak, Kohlensäure und Wasser gebildet werden, sondern es ist vielmehr klar, daß, wenn sich einmal eine gewisse Anzahl organischer Pflanzenstoffe aus den erwähnten unorganischen Bestandtheilen gebildet haben, die weitere Bildung aus diesen bereits fertigen Stoffen und den Bestandtheilen der Nahrung geschehen kann. Indesß wird auch bei dieser Art von Bildung der Vorgang im Wesentlichen ein synthetischer sein, wenigstens insofern, als hiebei die Bildung zusammengesetzterer Stoffe aus einfacheren erfolgt, obgleich die Möglichkeit gerade

nicht geläugnet werden kann, daß vielleicht gewisse organische Verbindungen aus zusammengesetzteren durch Abspaltung entstehen können.

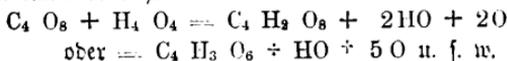
Wenn nun auch sicher ist, daß die Bildung der organischen Pflanzenbestandtheile aus unorganischen im Allgemeinen auf synthetischem Wege erfolgt, so bleibt doch die Frage über das Nähere der dabei statthabenden Vorgänge, über die Ordnung, über die Reihenfolge, in welcher sich die einzelnen Elemente an einander lagern u. s. w., noch offen. Man kann sich bezüglich der Art des Zusammentrittes der Elemente allerdings die verschiedenste Combination bilden, ohne jedoch dabei mehr als Möglichkeitschlüsse gemacht zu haben. Thatsachen für die Bildungsvorgänge im fraglichem Sinne liegen so gut wie nicht vor und es herrschen daher bezüglich dieses Punktes verschiedene Meinungen. Ueberhaupt mag es sehr schwer sein, für diese Art chemischer Vorgänge die bestimmten Ausdrücke, also Gesetze, zu finden, da bekanntlich die Zahl der organischen Pflanzenverbindungen außerordentlich groß ist und da dieselben einerseits Produkte der progressiven, anderseits Produkte der regressiven Stoffmetamorphose sein können; man kann die organischen Pflanzenstoffe also hiebei je nach Umständen als Uebergangsglieder von den einfacheren zu den zusammengesetzteren Verbindungen auffassen, oder als Nebenprodukte bei der Bildung dieser letztern, als Spaltungs-, Drydationsprodukte.

Wie verschieden kann man sich nur die Gruppierungen der Elemente von Kohlen- säure und Wasser behufs Bildung organischer Verbindungen denken:

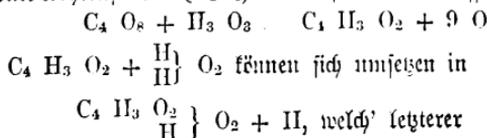
Ein Aequivalent Kohlen- säure ( $C_2 O_4$ ) und zwei Aequivalente Wasser ( $2H_2O$ ) können sich z. B. wie folgt gruppieren:



Zwei Aequivalente Kohlen- säure  $2 (C_2 O_4)$  und 4 Aequivalente Wasser ( $4 H_2O$ ) können sich so an einander reihen:

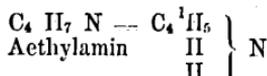


Zwei Aequivalente Kohlen- säure  $2 (C_2 O_4)$  u. 3 Aequivalente Wasser ( $3H_2O$ ) können geben:

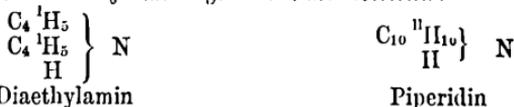


mit O wieder Wasser bilden kann u. s. f.

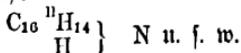
Die organischen Basen lassen sich nach der Typentheorie insgesammt, wie schon früher bemerkt, vom Typus Ammoniak: einfache oder multiple Form oder vom Typus Ammoniumoxydhydrat (gemischter Typus Ammoniak-Wasser) ableiten; so sind zum Beispiel die Amidbasen als Ammoniak zu betrachten, in welchem ein Äquivalent Wasserstoff durch ein sauerstofffreies, aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehendes Radical vertreten ist:



$\text{C}_4 \text{H}_5$  ist in diesem Beispiele das Radical. In den Amidbasen sind 2 Äquivalente Wasserstoff des Ammoniaks durch 2 Äquivalente eines einatomigen oder durch 1 Äquivalent eines zweiatomigen Radicals vertreten:



Eine Amidbase z. B. ist das im gefleckten Schierling (*Conium maculatum*) vorkommende Alkaloid Coniin von der Zusammensetzung  $\text{C}_{10} \text{H}_{16} \text{N}$ . Es läßt sich als Abkömmling von Ammoniak betrachten, entstanden durch Vertretung von 2 Äquivalenten Wasserstoff dieses Körpers durch das zweiatomige Radical  $\text{C}_{10} \text{H}_{14}$ ; seine rationelle Formel wäre demnach:



Ganz in derselben Weise, wie in dem Vorstehenden erörtert, kann man sich auch fast alle andern stickstoffhaltigen organischen Verbindungen entstanden denken; aber, wie gesagt, sämtliche Erklärungen, welche in Betreff des nähern Vorganges bei Bildung organischer Verbindungen in der Pflanze aus unorganischen bis jetzt gegeben wurden, tragen nur den Charakter der Hypothese an sich, indem sich dieselben nur auf allgemeine Erwägungen und Wahrscheinlichkeitschlüsse basiren, und wir müssen daher vorläufig darauf verzichten, die Pflanze vor unserm geistigen Auge sich chemisch aufbauen zu sehen; so ziemlich von demselben Standpunkte sind auch die Erörterungen aufzufassen, welche in Bezug auf die frühere oder spätere Bildung gewisser Gruppen organischer Verbindungen in den Pflanzen, oder auf den Uebergang der einen Gruppe in eine andere gemacht worden sind, obwohl im Allgemeinen mehr Anhaltspunkte zur Einsicht in diese letztern Vorgänge gegeben sind.

Einer solchen Erörterung wurde unter Anderem auch die Frage unterbreitet, ob Kohlensäure und Wasser in der Pflanze direct zu den neutralen allgemeinen Pflanzenbestandtheilen, wie Cellulose, Gummi, Zucker u. a. m. umgewandelt werden, oder ob der Bildung derselben

die Bildung der allgemein verbreiteten organischen Säure vorhergehe. Nach Liebig findet dieses letztere statt und zwar in der Weise, daß in den organischen Säuren der Sauerstoff allmählig abgeschieden und durch Wasserstoff vertreten wird, so daß also diese Säuren die einzelnen Glieder einer Reihe darstellen, welche den Uebergang des Kohlenstoffatoms in Zucker und in die höhern organischen Atome vermitteln:

Die in den Vegetabilien so verbreiteten organischen Säuren wie die Oxalsäure (im Sauerklee), Weinsäure (im Traubensaft und in vielen andern Früchten), Apfelsäure (in den meisten Früchten) stehen nach Liebig zu einander in einer ganz ähnlichen Beziehung wie zu den indifferenten organischen Verbindungen, indem manche organische Säuren durch Abspaltung von Sauerstoff und Aufnahme von Wasserstoff in andere übergehen können. In Bezug auf die Bildung der Oxalsäure nimmt man an, daß sie aus zwei Äquivalenten Kohlenensäure durch Austritt von zwei Äquivalenten Sauerstoff entstehe:



Aus Oxalsäure kann durch Austritt von Sauerstoff und Eintritt von Wasserstoff Apfelsäure entstehen; diese letztere Säure kann sich auch bilden durch Austritt von zwei Äquivalenten Sauerstoff aus zwei Äquivalenten Weinsäure:



Die Annahme Liebigs, daß die neutralen Pflanzenbestandtheile aus den Mittelgliedern „organische Säuren“ entstehen, hat bedeutend an Terrain gewonnen durch die von ihm gemachte Entdeckung, daß Zucker durch Drydation in Weinsäure übergeführt werden kann; denn warum sollte nicht auch umgekehrt Weinsäure in der Pflanze durch Reduction in Zucker übergehen können, oder, nehmen wir dies gleich allgemein, warum sollten im Pflanzenleibe, in welchem die Hauptthätigkeit ein Reductionsprozeß ist, die organischen Säuren sich nicht auch in die erwähnten indifferenten Verbindungen verwandeln können?

Betreffs der stickstoffhaltigen organischen Verbindungen wird, und zwar wohl mit Recht, angenommen, daß sich diese aus stickstofffreien Stoffen durch Aufnahme der Elemente des Ammoniak in der schon mehrmals besprochenen Weise bilden, und daß demnach die stickstoffhaltigen Pflanzenbestandtheile einer spätern Bildungsperiode angehören. Dafür spricht insbesondere der Umstand, daß man aus stickstofffreien Verbindungen und Ammoniak leicht stickstoffhaltige zu erzeugen vermag. Wir können z. B. durch Paarung von Stickstoffverbindungen, von Blausäure oder Ammoniak mit stickstofffreien Körpern Verbindungen erzeugen, welche alle Eigenschaften der in der Natur vorhandenen stickstoffhaltigen Säuren und Farbstoffe besitzen. Das in den Spargeln und Keimen

der Leguminosen vorkommende Asparagin stellt apfelsaures Ammoniak dar, von dem sich die Elemente des Wassers getrennt haben; wir sind im Stande, aus Apfelsäure und Ammoniak die aus dem Asparagin entspringende Asparaginsäure darzustellen. Durch Aufnahme von Ammoniak in die Elemente des farblosen krystallisirten Orcins entsteht bei Gegenwart von Sauerstoff das prachtvoll rothe Orcein. (Liebig.) Die complicirte Zusammensetzung der in allen Pflanzen, obwohl mitunter in äußerst geringen Mengen, vorkommenden Albuminate erlaubt ebenfalls die Annahme, daß ihre Bildung nur allmählig aus minder complexen Stoffen erfolgt sei und daß sie als die höchstzugesetzten Verbindungen, überhaupt als die letzten Erzeugnisse des Stoffwechsels anzusehen sind; mit ihrer Bildung hat demnach die synthetische Thätigkeit der Pflanze ihren Culminationspunkt erreicht.

Die Unterabtheilung B des I. Theiles, „Nüchbildung der pflanzlichen Organismen,“ und der II. Theil, „Veränderungen des Stoffes im thierischen Organismus,“ folgen.

Albrecht.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht des Naturwissenschaftlichen Vereins Landshut](#)

Jahr/Year: 1868

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Albrecht

Artikel/Article: [IX. Der Kreislauf des Stoffes 64-111](#)