

U e b e r  
den Chemismus der Vegetation.

---

**Festrede**

zur Vorfeier des Geburtstages

Seiner Majestät

**Maximilian II. Königs von Bayern**

gehalten

in der öffentlichen Sitzung der k. b. Akademie der Wissenschaften  
am 27. November 1852

von

**Dr. A. Vogel jun.,**

k. Universitäts-Professor und außerordentlichem Mitgliede der k. Akademie.

---

**München.**

Verlag der k. Akademie.

**1852.**

BIBLIOTHECA  
REGIA  
MONACENSIS.

Alle Gestalten sind ähnlich und keine gleicht der andern,  
Und so deutet das Chor auf ein geheimes Gesetz,  
Auf ein ähnliches Räthsel.

Goethe.

Den Menschen ergreift ein Gefühl der Bewunderung und des Staunens, wenn er denkend und empfindend die unendliche Mannichfaltigkeit der vegetabilischen Gebilde betrachtet. Von den himmelanstrebenden Wipfeln des majestätischen Palmbaums bis zu der einsamen Alpenpflanze, welche oben am nackten Felsenabhänge, in der Nähe des ewigen Eises gedeiht, — durch die ganze organische Natur hindurch — fühlen wir ein unerklärliches Etwas, das uns mit ehrwürdigem Schauer erfüllt, das geheimnißvolle Wesen des Gotteshauches, der unergreifbar, unerforschbar sich durch die lange Kette alles Erschaffenen schlingt, und selbst wenn das Auge des Forschers, gewöhnt den Totaleindruck des Schauspiels zu vernichten und die einzelnen Bruchtheile mit dem kalten, nüchternen Verstande an dem

Prüfsteine der Wissenschaft vorüberziehen zu lassen, — selbst wenn das Auge des Forschers sich von den großen Wundern der Pflanzenwelt ihren einfacheren, ein kleines Stillleben führenden Gebilden zuwendet, bringt tiefe Rührung in seine anschauende Seele. Eine unermüdlige Schöpferkraft wahrnehmend kann der entdeckende Geist nicht umhin, in jener Welt des Pflanzenwuchses das Symbol einer ewigen Palingenese alles Seyns zu finden.

Es drängt sich bei dieser Betrachtung unwillkürlich die Frage nach den Mitteln auf, welcher die Natur bedarf, die reichen Wunder der Pflanzenwelt immer aufs Neue wieder zu erzeugen. Man sollte glauben, sie müßten, um mit der Mannichfaltigkeit ihrer äußeren Erscheinung nur einigermaßen im Verhältniß zu stehen, höchst mannichfach seyn. Wie einfach aber erscheinen diese Mittel? Wasser, Luft und nur wenige unorganische Bestandtheile des Erdreichs, unterstützt von den mächtigen Motoren: Wärme, Licht, Electricität sind genügend, das ganze Material zu liefern, welches zum Bau der Pflanzen, ja sogar aller lebenden Wesen erforderlich ist. Man hat die vier Grundsäulen des vegetabilischen und animalischen Lebens: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff sehr passend mit dem Namen Organogene belegt, da in der That aus ihnen die Hauptbestandtheile aller organischen Wesen, der Pflanzen- und Thierstoffe erzeugt werden. Ein jeder vegetabilische Körper, wenn wir ihn der chemischen Analyse unterwerfen, gibt als letztes Resultat diese drei oder vier einfachen Substanzen. Die Pflanzenphysiologie der neueren Zeit hat sich vorzugsweise dieser Erforschung der die Organe bildenden Elemente in ihren quantitativen Verhältnissen zugewendet, eine Methode, die ihr die größten Erfolge sichert, wenn dabei nicht der Umstand aus dem Auge verloren wird, daß der Gegenstand der Forschung, die Pflanze selbst, ein lebendiger Organismus ist, dessen einzelne Theile in einem Abhängigkeits-Verhältnisse zu einander und zu der Formkraft stehen, welche die Pflanzengebilde als nach Einzelindividuen, Arten und Gattungen zu unterscheidende hervorbringt. Gelingt ein

derartiges Streben der Pflanzenchemie nach Einigung mit dem, was die Botanik will, — dann erst möchte das den Chemikern gemünzte Wort des Mephisto ungünstig geworden seyn:

„Wer will was Lebendiges erkennen und beschreiben  
Sucht erst den Geist herauzutreiben,  
Dann hat er die Theile in seiner Hand,  
Fehlt leider! nur das geistige Band.“

Während die Einen, dem in diesen Versen enthaltenem Vorwurfe zu entgehen, in dem lebenden Körper der Pflanze eine besondere Kraft erkennen, welche die Materie des Körpers überragend — die physikalischen und chemischen Kräfte des materiellen Substrates der einzelnen Organe beherrscht und die Thätigkeit des gesammten Organismus leitet, wird von anderer Seite her diese ganze Vorstellung verworfen und die Gesammtthätigkeit des lebenden Körpers als das Resultat physikalischer und chemischer Wirkungen einzelner Elemente und ihres gegenseitigen Einflusses auf einander betrachtet.

Zur sicheren Begründung der letzteren Ansicht sind trotz aller werthvollen chemischen Untersuchungen kaum noch die ersten und nothwendigsten Grundsteine gelegt, — für sie sind kaum noch die ersten Strahlen der Morgenröthe angebrochen. Die Frage, welche von beiden Ansichten vereinst siegreich aus dem Kampfe hervorgehen dürfte, muß mit dem Wunsche beantwortet werden, beide möchten zu ihrer wahrhaften Versöhnung gelangen. Hierzu bedarf es, wie schon angedeutet, des Zusammenwirkens und der gleichzeitigen Entwicklung mehrerer, ja aller Zweige der Naturforschung, um jenes Dunkel zu erhellen.

Da die Elementaranalyse organischer Körper entschieden gezeigt hat, daß durch einfache chemische Agentien, ja mit Hülfe der Wärme allein

schon die organischen Gebilde auf unorganische Elemente zurückgeführt werden können, worin, kann man fragen, besteht denn der Unterschied zwischen Organisch und Unorganisch? Die Naturforschung des Mittelalters kannte diesen Gegensatz in der Natur nicht, wenigstens bezeichnete sie ihn nicht; denn zu der Zeit, als die Chemie noch ausschließlich die Darstellung des Steins der Weisen zum Zweck hatte, welchen man durch die Bearbeitung mineralischer, vegetabilischer und animalischer Substanzen zu gewinnen versuchte und ihr demnach noch kein höherer Begriff, als der der Scheidekunst und Mischungskunde zu Grunde gelegt war, konnte wohl von einer solchen Trennung nicht die Rede seyn. Die Unterscheidung zweier Reihen von Wesen, organisirter und nicht organisirter lag zwar bereits im Bewußtseyn der früheren Naturforschung, aber nur dunkel und erst mit dem Zeitalter der phlogistischen Theorie beginnt eine systematische Eintheilung der Chemie in mineralische, vegetabilische und animalische, welche Classification indessen nur auf den Ursprung, nicht aber auf die Zusammensetzung der Körper gegründet ist. Doch versuchten auch damals schon die Begründer der phlogistischen Theorie neben der herrschenden Eintheilung nach dem Ursprung eine Unterscheidung der chemischen Verbindungen der drei Naturreiche in ihrer Zusammensetzung darzuthun. Dieses Bestreben zeigt sich am deutlichsten in Becher's Ausspruch <sup>1)</sup>: „Die Elemente sind zwar in allen Naturreichen dieselben, aber in den vegetabilischen und animalischen Substanzen auf eine verwickelte, in den mineralischen hingegen auf eine sehr einfache Art zusammengefügt.“

Durch die Entwicklung und Vereinfachung der Elementaranalyse organischer Körper, obgleich vielfach mißbraucht, wurde zuerst der Weg angebahnt zur Erkenntniß ihrer wahren Constitution. Wenn zu jener Zeit,

---

1) Becher: *Physica subterranea*. 1669. Ebenso Hevelius: *Eadem coelorum et terrae materies*.

als Lavoisier die Methode der quantitativen Untersuchungen in die unorganische Chemie eingeführt und ihr dadurch eine neue wissenschaftliche Richtung gegeben hatte, — wenn damals jemand aufgetreten wäre mit der Behauptung, daß diese Methode der quantitativen Bestimmung auch auf das Feld der organischen Chemie und zwar in erhöhtem Maaßstabe übertragen werden könne, so würde man dieß allgemein für eine Uebertreibung gehalten haben. Und doch ist das Unverhoffte zur Herrschaft gelangt. Nicht länger mehr konnte es genügen, eine frische Pflanze auszupressen, ihren Saft abzurauchen bis zu einer flebrigen braunen Masse, sie einzüschern oder höchstens der trocknen Destillation zu unterwerfen, sondern nachdem einmal die Parallelisirung organischer und unorganischer Verbindungen gewährt war, legte die Annahme zusammengesetzter organischer Radikale, welche sich wie einfache unorganische Substanzen verhalten, den Grund zu einer neuen, systematischen Behandlung der organischen Chemie. Die Theorie der organischen Radikale angebahnt durch die Arbeiten Gay-Lussac's über das Cyan, dem Ziele näher gerückt durch Dumas' Untersuchungen der Aetherarten, ist ins Leben gerufen worden durch Liebig's und Wöhler's Arbeiten über das Benzoin, welchem Körper, als dem ersten in der Reihe der organischen Radikale, Berzelius wahrlich mit Recht den Namen Proin oder Orthrin <sup>2)</sup> geben wollte, indem mit seiner Auffindung in der That die Morgendämmerung und der Anfang eines neuen Tages in der organischen Chemie herangebrochen ist. Seitdem ist der tiefe Spalt, welcher die organischen Wesen (Thiere und Pflanzen), die unorganischen Körper (Steinreich und Weltkörper) von einander hielt, verschwunden und das organische Leben ist nicht mehr so scharf der übrigen Natur entgegengesetzt, wie zu Anfang dieses Jahrhunderts, da man beide verschiedenen Gesetzen gehorchend glaubte.

---

2) Von πρωί, zu Anfang des Tages, ὄρθρος Morgendämmerung. (Kopp's Geschichte der Chemie B. 4. 272.)

Wenn nun auch die organische Chemie an Schärfe und Präcision der Methode nicht mehr hinter der unorganischen zurücksteht, wenn sie auch gerade durch Annahme der früher ausschließlich der mineralischen Chemie angehörenden quantitativen Betrachtungsweise jetzt schon zu einem scharf gegliederten wissenschaftlichen Ganzen geworden ist und so den einzig richtigen Weg betreten hat, in der Zukunft einer regulären rationellen Entwicklung und weiteren Ausbildung theilhaftig zu werden, so kann natürlich nicht gemeint seyn, als sey hiedurch die schon erwähnte Formkraft, welche die Pflanzen nach Gattungen von einander und auch die große organische Welt von der unorganischen qualitativ unterscheidet, als aufgehoben der Untersuchung zu entziehen, — vielmehr wäre es auch abgesehen davon, daß eine völlige Aufklärung vom chemischen Standpunkte aus noch nicht ermöglicht ist, ein Mißverständnis, wollte man jener Methode allein ohne höhere Hülfe die Aufgabe stellen, das Leben oder die letzte Ursache alles irdischen Seyns und Werdens selbst zu erforschen und zu erklären. Für sich allein genommen, begnügt sie sich, die Resultate des Lebens zu erforschen, sie in ihrem Zusammenhange zu ergründen und die Gesetze aufzufinden, nach denen die bildende Seele die todte Masse regiert. Die Kräfte selbst, die da wirken als Anziehung, als Abstoßung in der Electricität, im Galvanismus, sie werden den Mitteln der Empirie, so lange sie nicht eine höhere geistige Befruchtung erhalten, so lange nicht das Bedürfniß gefühlt wird, sich des in der Natur Gegebenen philosophisch bewußt zu werden, so gut wie das Wesen der menschlichen Seele dem befangenen Auge erschaffener Wesen verborgen bleiben.

Schiene aber auch eine solche Erkenntniß dem sterblichen Menschen versagt, so erschließt sich ihm dagegen mit Gewißheit, wenn er unermüdet forschend in das Innere der Natur zu dringen sucht, — und das ist die einzig wahre Seite der Naturforschung, ihr einziges richtiges Ziel — die innigste, lebhafteste Ueberzeugung von dem Daseyn eines allwaltenden, allschöpferischen Wesens, das in dem geringsten und letzten der irdischen Dinge

mit eben der Weisheit, Sorgfalt und Güte wirkt und schafft, als in denjenigen, die wir nach unserer gebundenen Anschauungsweise als die größten und wichtigsten anzusehen gewohnt sind.

Ein Saamenkorn in die Erde gelegt entwickelt sich und gibt einer neuen Pflanze das Daseyn, welche blüht, Früchte trägt, und nach Erfüllung ihrer Aufgabe den Lauf wieder abwärts richtet und der Verwesung entgegengeht. Von welchen Vorgängen sind die Entwicklungsstufen bedingt, woher nimmt die Pflanze ihre Stoffe, wohin schwinden sie, wenn endlich der Tod ihre Bande zerreißt, durch welche ihre einzelnen Theile zu einem harmonischen Ganzen vereinigt waren? Diese Fragen sind es, welche wir der Chemie stellen können, von ihr werden sie größtentheils zu beantworten seyn.

Nicht um Neues zu geben — denn es wird nicht beabsichtigt, hier specielle Forschungen niederzulegen — wage ich es vor dieser hochansehnlichen Versammlung die genannten Fragen in Anregung zu bringen, sondern in der Hoffnung, Bekanntem allgemeineren Eingang und weitere Verbreitung zu verleihen. Die Beantwortung der gestellten Fragen hängt in ihren letzten Ausgangspunkten innig mit dem Betriebe rationeller Landwirthschaft zusammen, so daß an der heutigen Vorfeier des Geburtsfestes unseres geliebten Königs, welcher das wahre Wohl seines Landes erkennend, diesem Zweige des Lebens seine weise Berücksichtigung zugewendet, — es auch der Akademie der Wissenschaften vergönnt seyn möge, diesen Gegenstand der Betrachtung zu wählen.

Keimen, Wachsen, Blühen, Saamentragen und Welken dieß sind die hauptsächlichsten Stufen, welche die Pflanze zu durchlaufen hat, die eine während eines kurzen Sommers, die andere in einem Zeitraume von Jahrhunderten. Die Betrachtung der dabei stattfindenden chemischen Vorgänge gibt eine wesentliche Unterscheidung von zwei Perioden, der Zeit nämlich,

während welcher der Saamen die ersten zarten Theile der jungen Pflanze entwickelt und dann der zweiten weit längeren Periode, welche eintritt, sobald die Pflanze aus der Erde sich emporgehoben hat und ihre Blätter und Zweige in der Luft zu entfalten anfängt; in beiden Epochen des Pflanzenlebens zeigt sich die sie bedingende und fördernde chemische Thätigkeit als eine wesentlich verschiedene, in ihren Aeußerungen völlig abweichende. In der ersten Periode entwickelt sich die Pflanze auf Kosten einiger ihrer eigenen Organe, die dabei erschöpft werden und dann absterben, in der zweiten Periode aber lebt sie ganz auf Kosten der Außenwelt.

Die Keimung, d. i. die Entwicklung der im Saamen enthaltenen Anlage, — zur Pflanze, ist von vornherein eines der einflussreichsten Momente für das ganze folgende vegetabilische Leben. Wenn wir nach den Bedingungen dieses Vorgangs fragen, so erhalten wir durch die Erfahrung als Antwort: „Sauerstoff, Feuchtigkeit, Wärme,“ also die allgemeinen Bedingungen der meisten chemischen Prozesse überhaupt. Die Keimung beruht demnach abgesehen vom Bildungstrieb, d. h. der uns völlig unbekanntem Kraft, welche die Stoffe zur Zelle vereinigt, auf rein chemischen Principien. Das Wasser ist als erstes Agens nöthig, um die im Saamen ruhenden chemischen Kräfte in Bewegung zu setzen <sup>3)</sup>. Die in den Saamen eindringende Feuchtigkeit erfüllt die Zellenwände, macht sie fähig, Flüssigkeiten den Durchgang zu gestatten, durchfeuchtet die Zelle selbst und die in ihr enthaltenen Substanzen, stellt mit einem Worte einen flüssigen Zellsaft her. So vorbereitet beginnt die Wirkung des Sauerstoffs der Atmosphäre und als nächstes Resultat bildet sich Kohlensäure, das nie fehlende Erzeugniß bei beginnender Keimung. Der Sauerstoff hat sich daher eines Theils des Kohlenstoffs des Saamens bemächtigt, und zwar nach der Natur des Saamens eine Veränderung des Stärkmehls, des Oels oder des

---

3) 1 Morgen Getreidfeld verbraucht für die Vegetationszeit 6 Millionen Pfund Wasser. (Unger's botanische Briefe. 39.)

Zellstoff angebahnt. Was ist aber dieser Uebertritt des Sauerstoffs zum Kohlenstoff, diese Bildung von Kohlensäure anderes, als ein Verbrennungsproceß, zwar ohne Lichterscheinung, aber mit bedeutender für die Entwicklung des Keimes höchst förderlicher Temperaturerhöhung, welche zwar bei den einzelnen Saamen, wo die Wärme eben so schnell wieder verloren geht, als sie erzeugt wird, der Messung entgeht, wohl aber bei vielen an einem Orte zugleich keimenden Saamen deutlich nachgewiesen werden kann. Gleichzeitig mit diesem Verbrennungsproceß wird ein Theil der Stärke oder des Zellstoffes in Stärke = Gummi und Stärke = Zucker umgewandelt. Der aus dem Saamen durch Sauerstoffaufnahme neu gebildete Stoff, Stärkezucker, eine allgemeine tägliche Erscheinung beim Malzen der Gerste, durchdringt im gelösten Zustande die Zellwände und dient zunächst zur Ernährung der Radicula, welche auf solche Weise entwickelt die Saamenschale sprengt, um abwärts in den Boden einzubringen, während das andere dem Saamen entsprungene Organ, Plumula, sich durch keinen Zwang von seiner der Wurzel entgegengesetzten Richtung, dem Lichte zu, abwendig machen läßt <sup>4)</sup>.

- 
- 4) Duhamel machte hierüber folgenden Versuch: Nachdem er eine Bohne, eine Kastanie oder Eichel in eine Glasröhre von erforderlichem Durchmesser gebracht hatte, bedeckte er den Saamen mit Erde und hing die Röhre in der Art auf, daß die junge Pflanze eine verkehrte Richtung bekam. Da nun das Würzelchen und das Stängelchen keinen Ausgang fanden, um ihre natürliche Richtung zu nehmen, so hatten sie sich spiralförmig gegen den Saamen hingewunden.

Nach meinen Versuchen kann man das Duhamelsche Vegetationsgesetz auch sehr instruktiv in folgender Weise darthun. In einer gläsernen Flasche werden Kressensaamen zur Entwicklung gebracht und nach der deutlichen Bildung von Plumula und Radicula die Flasche umgekehrt gestellt. Schon nach weniger als 24 Stunden beginnt die Pflanze eine entgegengesetzte Richtung einzuschlagen, indem die langen Wurzelfasern bogenförmige Linien be-

Das Endresultat des ganzen chemischen Vorgangs der Keimung ist, daß die Pflanze in dieser Periode und wenn sie selbst zehn- und mehrmal größer erscheint, als der Saame, doch natürlich nach Abzug des freien Wassers um ein bedeutendes leichter ist, als der Saame vor der Keimung war.

Wie alle chemischen Prozesse, so bedarf auch die Keimung zu ihrer vollständigen Durchführung eines gewissen Temperaturgrades, dessen Grenzen nach unten und oben indessen bei verschiedenen Pflanzengattungen offenbar sehr verschieden weit erscheinen. Wo diese Grenzen seyen, ist noch nicht ausgemittelt; doch weiß man, daß die meisten Pflanzen bei einer Temperatur unter 4° R. nicht keimen; doch durchlaufen einige wie z. B. das Kreuzkraut <sup>5)</sup> weit unter dieser Temperatur den Keimungsproceß, so daß auch dieß nicht als allgemeines Gesetz aufgestellt werden kann.

Wenn das Licht in der That einen störenden Einfluß auf das Keimen auszuüben im Stande ist, so kann der Grund nur darin gesucht werden, daß die direkten Strahlen den chemischen Proceß zu modificiren vermögen. Indesß gilt dieß nur von den direkten Sonnenstrahlen, nicht aber vom gewöhnlichen Tageslicht.

Es ist allerdings nicht unmöglich, daß die Umwandlung des Stoffes im Keime nicht ganz so einfach ist, als sie sich nach den gegebenen End-

---

schreiben. Nach Verlauf einiger Tage sind alle Wurzeln wieder nach unten zugekehrt.

Läßt man Saamen auf einem nassen Schwamme keimen und hängt dann den Schwamm, wenn die Pflanzen einige Zoll Länge erreicht haben, in der Art auf, daß die grünen Theile nach unten gekehrt sind, so werden sämtliche Pflanzen nach kurzer Zeit sich umbiegen und in die Höhe wachsen.

5) Schleiden, die Physiologie der Pflanzen und Thiere und Theorie der Pflanzencultur. 1850. pag. 91.

resultaten herausstellt, indem nach Boussingault nicht immer aller entweichende Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennt, sondern auch zum Theil in Kohlenoxydgas übergeht<sup>6)</sup>. Ferneren Untersuchungen ist es vorbehalten, vielleicht mannichfache uns noch unbekanntere Zwischenverbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff während der Keimung nachzuweisen.

Mit dem völligen Absterben der Saamentheile, d. i. der sogenannten Hülfsgorgane, beginnt eine zweite Periode des Pflanzenlebens, das Wachsen, in welcher die Pflanze ihres mütterlichen Behaltels beraubt, ihre Nahrung sich in ihrer äußern Umgebung aussuchen muß.

In der neuen Pflanze finden wir die Bestandtheile des Saamens, die Organogene, wieder und die quantitative Vermehrung derselben, wodurch die Pflanze erstarft und sich zu einem Fortpflanzungsfähigen Individuum entwickelt, gibt den Begriff des Wachstums. Die einfache Betrachtung einer üppig gedeihenden Vegetation hatte schon zu einer Zeit, die den Resultaten der neuern Pflanzenphysiologie noch fern stand, den Gedanken, ja die Ueberzeugung hervorgerufen, daß die Pflanze ihre Nahrungstoffe nicht allein den Bestandtheilen des Bodens, an welchen sie gebunden, entnehmen könne, sondern daß noch andere Quellen, aus welchen sie ihre Elemente schöpfe, ins Spiel kommen. Auf kahlen Felsen, in den Spalten und Rissen der Gesteine, wo durch das immerwährende Abspülen der atmosphärischen Wässer kaum eine Spur humusartigen Bodens zurückgelassen wird, entwickeln sich nicht nur spärliche Moose, sondern oftmals geben hier mächtige Bäume redendes Zeugniß von dem Daseyn eines feineren, nicht dem Boden entsprossenen Nahrungsmittels. Wenn ein Saame in einen Boden gelegt wird, der wegen seiner völligen Unlöslichkeit der Pflanze durchaus keine Nahrung zuführen kann, in Quarzsand, Schwefelblumen, in gewun-

---

6) Boussingault. Landwirthschaft. B. I. pag. 26.

denem Platindraht 7), so wird er, mit destillirtem Wasser begossen, sich zu einer Pflanze entwickeln. Was bleibt ihm aber unter solchen Umständen als Nahrungsquelle anderes übrig, als die atmosphärische Luft, dieses mächtige Magazin von Kohlenstoff? Auf diese unendliche, reiche Nahrungsquelle führt uns auch nothwendig die Geschichte der Erde. Ja wir brauchen nicht den Blick in die fernste Vergangenheit zurückzuwenden; der Proceß einer neu entspringenden Vegetation wiederholt sich in kleinem Maaßstabe auch in unseren Tagen. Der Boden, welcher seine Entstehung einer vulkanischen Eruption verdankt, bedeckt sich bald mit vereinzelt Moosen und Farrenkräutern, welche in verhältnißmäßig kurzer Zeit einer reichen Vegetation Raum geben. Wo ist ihre Quelle in diesem rein mineralischen Boden zu suchen, dessen vorangegangene hohe Temperatur den Gedanken an den ursprünglichen Gehalt irgend einer organischen Substanz völlig ausschließt? Die Atmosphäre ist es allein, nächst den mineralischen Bestandtheilen des Bodens, welche die durch Wind und Wellen herbeygeführten Saamen ernährt und so die Anhäufung organischer Materie veranlaßt hat 8). Zur Erkennung der wichtigen Rolle, welche die Kohlensäure der Atmosphäre für die Vegetation übernimmt, hätte es fürwahr des berühmten van Helmont'schen Versuches 9) nicht bedurft.

---

7) A. Vogel, jun.: Ueber den Einfluß der Falterde und anderer Verbindungen auf die Vegetation und das Keimen. (Gelehrte Anzeigen. November 1850.)

8) The Chemistry of Vegetation by J. Johnston. Northamerican Review. Vol. LX. 165.)

9) Van Helmont pflanzte einen Weidenbaum, der 5 Pfund wog, in einen mit 100 Pfund Erde gefüllten und mit Bleiplatten bedeckten Kasten, begoß denselben nur mit destillirtem Wasser und fand, daß die Weide nach 5 Jahren 119 Pfund und 3 Unzen wog, wogegen die Erde nur 3 Unzen verloren hatte. (Crell's Annalen 1796.)

Ist nun in Betreff des Kohlenstoffs die Kohlensäure der Atmosphäre als das einzige eigentliche Nahrungsmittel der Pflanze anzusehen, indem jede andere Annahme geradezu eine Unmöglichkeit in sich schließt, so drängt sich eine zweite nicht minder wichtige Frage auf: durch welchen chemischen Proceß bemächtigt sich die Pflanze des Kohlenstoffs der Kohlensäure? Es ist unumstößlich durch Versuche bewiesen, daß die grünen Theile der Pflanzen mit Hülfe des Sonnenlichtes im Stande sind, die Kohlensäure zu zerlegen, d. h. sich des Kohlenstoffs zu bemächtigen und Sauerstoffgas in Freiheit zu setzen, und wir haben hier ein merkwürdiges Beispiel von der energischen Wirkungskraft der Vegetation. Kohlenstoff und Sauerstoff sind in der Kohlensäure so innig verbunden, daß nur durch Anwendung der kräftigsten Mittel, unterstützt von einer Temperaturerhöhung, ihre Trennung gelingt. Die junge Pflanze dagegen besitzt Kraft und Energie genug, sobald sie von den Strahlen der Sonne berührt wird, ohne weitere Hülfe von außen diese Analyse auszuführen. Bei Nacht, oder auch bei künstlich hervorgebrachter Dunkelheit <sup>10)</sup> geht die Atmosphäre unzersezt an ihr vorüber; die im Dunkeln wachsende Pflanze schießt zwar in die Höhe, bleibt aber weiß und ist arm an Kohlenstoff. Die grünen Theile der Pflanze sind es vor allen, welche mit dem Lichte, dem sie ihre Entstehung verdanken, dieses interessante Phänomen herbeiführen. Dieß erinnert unwillkürlich an die sonderbare, man darf sagen geheimnißvolle Eigenschaft der grünen Blätter, daß sie nur mit Schwierigkeit durch photographische Mittel reproducirt werden <sup>11)</sup>. Scheint es doch in der That, daß alle chemischen Lichtstrahlen, welche für die Erzeugung der Lichtbilder wesentlich sind, in den grünen Pflanzentheilen absorbiert, zurückgehalten seyen und zwar so ausschließlich zur Zerlegung der Kohlensäure verwendet, daß ihnen keine

---

10) Vogel, jun. und Wittwer: Ueber den Einfluß der Vegetation auf die Atmosphäre. 1851. p. 55.

11) Dumas, Essai de statique chimique des êtres organisés 1842. p. 24.

weitere chemische Action mehr auszuführen möglich ist. Diese völlige und außerordentliche Absorption der Lichtstrahlen gibt deutlichen Beleg von der ungewöhnlichen Anstrengung chemischer Kräfte, welche zur Zerlegung der Kohlensäure in Anwendung gebracht werden müssen.

Welche Rolle übernimmt nun der in Freiheit gesetzte Kohlenstoff in der Pflanze? Zum größten Theile ist er offenbar dazu bestimmt, sich mit dem Wasser oder dessen Elementen zu verbinden und so die wichtigsten vegetabilischen Substanzen zu erzeugen. 12 Atome Kohlenstoff, wenn sie sich mit den Elementen von 10 Atomen Wasser verbinden, bilden das Zellengewebe der Pflanzen, die Holzfaser, das Stärkmehl, das dem letzteren nahe verwandte Dextrin. Sie alle bestehen dem Gewichte nach ganz aus den nämlichen Stoffen und wohl nur die verschiedenartige Gruppierung der einzelnen Atome, welche dem menschlichen Forschungsgeist noch nicht bemerkbar ist, kann vier Körper von so ganz verschiedener Beschaffenheit und so völlig abweichend chemischen Eigenschaften hervorbringen. Sollte diese ganze Auffassung überhaupt zu verwerfen seyn, wie es denn in der That von einigen Naturforschern geschieht, so bleibt noch übrig, die Cohäsions-Verhältnisse zur Erklärung dieser mannichfachen Bildungen in Anspruch zu nehmen.

Vergleicht man den chemischen Vorgang des Wachstums der Pflanze mit dem der Keimung, so ergibt sich auf den ersten Blick, daß beide in chemischer Hinsicht geradezu entgegengesetzt sind. Während der keimende Saamen Sauerstoff bindet und Kohlensäure aushaucht, bindet die gekeimte Pflanze Kohlenstoff und gibt den Sauerstoff an die Atmosphäre zurück. Dieß zeugt von der unendlichen Mannichfaltigkeit der Mittel, mit welchen die Natur im Stande ist, die nämlichen Effekte zu bewirken, — von ihrer Fähigkeit, dieselben Mittel zu den verschiedensten Wirkungen zu fügen.

Wenn es gewiß als entschieden anzunehmen ist, daß alle Pflanzen mit grünen Organen Kohlenstoff von der Kohlensäure der Atmosphäre be-

ziehen, wenn es daher gewiß ist, daß ihn viele Pflanzen fast nur, andere zum größten Theil aus dieser Quelle schöpfen, so kann andererseits nicht geläugnet werden, daß Vegetationsverhältnisse vorliegen, welche der Zersetzung der Kohlensäure und somit dieser Art der Assimilation des Kohlenstoffes im Wege stehen. Der im Frühling sich belaubende Baum verbraucht gerade zu der Zeit, wo er noch keine assimilirenden Blätter hat, die allerbedeutendste Menge Nahrungstoffes, theils zur Bildung des Holzes, ja zur Bildung der Blätter selbst, während umgekehrt gerade dann, wenn die Blätter des Baumes in vollster Kraft und Thätigkeit stehen, nur wenig neues Holz und fast gar keine Blätter erzeugt werden. Möchte es doch fast scheinen, daß die Atmosphäre nicht die einzige Quelle des Kohlenstoffes sey. Zur Erklärung dieser scheinbaren Widersprüche verweisen wir auf die größte Autorität. Liebig's Ansicht über die Assimilation des Kohlenstoffes läßt sich kurz in Folgendem zusammenfassen: „Im Frühjahre, wo die Organe fehlen, welche die Natur bestimmt hat, die Nahrung aus der Atmosphäre aufzunehmen, wo diese Organe erst gebildet werden, sind es die Bestandtheile des Saamens, welche zuerst und ausschließlich zur Bildung der Wurzeln verwendet werden; mit jeder Wurzel erhält die Pflanze einen Mund, eine Lunge, einen Magen. Von dem Augenblicke an, wo sich die ersten Wurzelfasern gebildet haben, führen sie aus der Atmosphäre, in der sie sich befinden, aus dem Boden nämlich, Nahrung zu; von dem Humus stammt die Kohlensäure her. Ist die Pflanze völlig entwickelt, sind ihre Organe der Ernährung völlig ausgebildet, so bedarf sie der Kohlensäure des Bodens nicht mehr. In den heißen Sommermonaten, wo der Mangel an Feuchtigkeit die Zufuhr von Nahrungstoff aus dem Boden hemmt, schöpft sie den Kohlenstoff ausschließlich aus der Luft. In einer gegebenen Zeit steht die Zunahme einer Pflanze an Masse im Verhältniß zu der Anzahl und Oberfläche der Organe, welche bestimmt sind, Nahrung zuzuführen <sup>12)</sup>.“

---

12) Liebig's Agriculturchemie p. 38.

Wie die Pflanze die Kohlensäure der Atmosphäre zerlegt und sich des Kohlenstoffs bemächtigt, um damit die meisten ihren Körper constituirenden Substanzen darzustellen, ebenso zerlegt sie auch das Wasser und fixirt den Wasserstoff, woraus andere für ihre Natur minder wichtige Bestandtheile entstehen. Auch hier findet also in dem Lebensproceß der Pflanze ein chemischer Vorgang statt, und zwar wie Liebig eben so schön als treffend gezeigt hat, den direkten Gegensatz des chemischen Processes in der Salzbildung darstellend. Kohlensäure, Wasser und Zink, mit einander in Berührung, üben eine bestimmte Wirkung auf einander aus; unter Abscheidung von Wasserstoff entsteht eine weiße, pulverförmige Verbindung, welche Kohlensäure, Zink und den Sauerstoff des Wassers enthält. Die lebende Pflanze vertritt in diesem Proceß das Zink; es entstehen in ihrem Assimilationsproceß unter Ausscheidung von Sauerstoff Verbindungen, welche die Elemente der Kohlensäure und den Wasserstoff des Wassers enthalten <sup>13)</sup>. Dieß sind vorzüglich die fetten Theile, die flüchtigen Oele, die Pflanzenfette und das Wachs.

Ist der Pflanze ihr Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt durch die Kohlensäure und das nirgends fehlende Wasser geboten, so liegt es zunächst, den Stickstoff der Atmosphäre, welchen sie in freiem Zustande und zu 78 proc. enthält, als Quelle des der Natur der Pflanze nothwendigen Stickstoffgehaltes anzunehmen. Doch wir treffen es so häufig an, daß die Natur zur Erreichung ihrer Zwecke nicht immer den nächsten und einfachsten Weg einschlägt, sondern die geradeste und kürzeste Richtung verläßt; sie liebt die Umwege. Scheint es nicht sonderbarer Eigensinn, daß die Pflanze den ihr durch die Atmosphäre in so reichem Maaße gebotenen Stickstoff verschmäht, und während sie den Sauerstoff in der Periode der Keimung nur im freien, ungebundenen Zustand, niemals aus einer chemischen Verbindung verwen-

---

13) Liebig's Agriculturchemie p. 44.

det<sup>14)</sup>, den Stickstoff dagegen erst dann, wenn er sich mit dem Wasserstoff zu Ammoniak chemisch verbunden hat, als ein ihr unentbehrliches Nahrungsmittel sich aneignet. Da es durch direkte Versuche bewiesen ist, daß der freie Stickstoff der Atmosphäre keinen Antheil nimmt an dem Ernährungsproceß der Pflanze, so ist das Ammoniak die einzige stickstoffhaltige Substanz, welche den Pflanzen überall und unter allen Umständen dargeboten wird, denn es bildet einen constanten Bestandtheil der Atmosphäre; es wird mit jedem Regen, mit jedem Schneefall dem Boden und somit den Wurzeln der Pflanzen zugeführt, und fortwährend und in jedem Momente erzeugt es sich wieder durch Fäulniß und Verwesung animalischer und vegetabilischer Substanzen, um in gasförmigem Zustande durch das Mittel der stets beweglichen atmosphärischen Luft nach allen Gegenden hin verbreitet zu werden, bis es endlich der Erde, der es entstammt, wieder anheim fällt. Neben seiner großen Verbreitung besitzt aber das Ammoniak noch eine hervorragende Eigenschaft, welche diesen Stoff ganz besonders eignet, der Pflanze zur Nahrung zu dienen; dieß ist dessen große Fähigkeit, bei Berührung mit organischen Substanzen zahlreiche Veränderungen und Umwandlungen einzugehen, in welcher Hinsicht es dem Wasser kaum nachzusehen scheint. Hätten wir auch sonst keine Beweise, diese Eigenschaft allein dürfte die Ansicht rechtfertigen, daß die Pflanze nur durch Vermittlung des Ammoniaks den Stickstoff zu assimiliren vermöge.

Die Wichtigkeit des Stickstoffs für die Vegetation ergibt sich aus der Reihe von Substanzen, deren Bildung er zu Grunde liegt. Fibrin, Al-

---

14) Vogel, jun. Versuche über das Keimen im Stickoxydulgas. (Bericht der 23. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Nürnberg 1845. pag. 20.)

Es ist durch diese Versuche gezeigt, daß auch mit Hülfe der direkten Sonnenstrahlen die Zerlegung des Stickoxydulgases nicht statt findet und daher auch keine Keimung möglich ist.

bumin, Casein, Gluten, diese wesentlichen Nahrungsmittel des animalischen Reiches, sind die Verbindungen, zu deren Erzeugung der Stickstoff nothwendig ist. In der genügenden Zufuhr des Stickstoffs beruht ein wichtiges Problem der rationellen Landwirthschaft; in ihr liegt ein Wirkungsmoment der animalischen Düngung; hieraus erklärt sich die augenscheinlich fördernde Wirkung des Gypses, des gebrannten Thones und des Eisenoxyds, welche alle dem Ammoniak seine Flüchtigkeit nehmen und dadurch der Pflanze Zeit gewähren, sich des Stickstoffs zu bemächtigen; in der Verbindung des Ammoniaks zeigt sich endlich auch eine Bedeutung des Humus und der Humusäure zur Erzeugung reicher Ernten von Kulturpflanzen.

Die bisher angeführten Bestandtheile der Pflanze, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff bilden beim Verbrennungsproceß gasförmige Produkte, welche entweichen. Enthielte die Pflanze nur diese Körper, so müßte sie ohne Rückstand verbrennen. Die tägliche Erfahrung lehrt aber, daß stets eine variirende Menge feuerfester Körper zurückbleibt. Da man nach dem jetzigen Stande der Chemie keine Erzeugung unorganischer Gebilde durch den Vegetationsproceß annehmen kann, — eine Ansicht, die übrigens länger, als es möglich schien, Vertheidiger fand, — so bleibt keine andere Annahme, als daß die Aschenbestandtheile nur durch den Boden der Pflanze zugeführt werden <sup>15)</sup>.

---

15) Es ist ein großer Irrthum zu behaupten, die Wichtigkeit der firen Bestandtheile für die Vegetation sey schon durch Caussure's Versuche im vorigen Jahrhunderte völlig erkannt worden. Wenn durch Caussure's Versuche ein evidenter Beweis geführt worden wäre für das Verhältniß der unorganischen Substanzen zur Vegetation, so hätte trotz der geringen naturwissenschaftlichen Bildung der Landwirthe damaliger Zeit, dieser Ansicht doch nicht allgemeine und unbezweifelte Anerkennung versagt werden können, es wäre die Aufstellung von Preisfragen über diesen Gegenstand nicht mehr möglich gewesen; wenn diese Ansicht keines Beweises mehr bedurft hätte, wie konnte es geschehen, daß sie, endlich durch Liebig zur unumstößlichen Wahrheit geworden,

Nur verhältnißmäßig wenige unorganische Verbindungen sind es, welche so allgemein verbreitet in allen Pflanzengattungen vorkommen, daß sie als wesentliche Bedingungen der Vegetation zu betrachten sind. Kalk, Kieselerde, Alkalien, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Chlor finden sich in allen Pflanzen ohne Ausnahme, aber in verschiedenen Quantitätsverhältnissen. Fast in einer jeden zum Wachsthum tauglichen Bodenart sind diese wesentlichen Elemente vereinigt, und nur in ihrer zu geringen der Pflanze nicht entsprechenden Menge oder in ihrer unlöslichen Form beruht die verschiedene Vertheilung der Pflanzen auf der Erde, vielleicht sogar <sup>16)</sup> ihre ursprüngliche Verschiedenheit selbst. Sind auch die Aschenanalysen der neuern Zeit nach Anzahl und Form noch nicht geeignet, um die Folgerung allgemeiner Gesetze zuzulassen, so ist doch durch ihre Resultate der Weg angebahnt zur Erkennung des inneren Zusammenhanges zwischen dem Vegetationsproceß und den unorganischen Bestandtheilen. Auf solchem Wege allein kann es gelingen, den innigen Connex zwischen einzelnen Aschenbestandtheilen und einzelnen organischen Theilen der Pflanze, z. B. zwischen Phosphorsäure und Proteinverbindungen, zwischen den Alkalien und Kohlenhydraten aufzufinden und ins Klare zu setzen.

Nicht nur in wissenschaftlicher, sondern auch in praktischer Beziehung, wenn es sich wie bei den Kulturpflanzen darum handelt, den größtmöglichen Ertrag zu erzielen, ist die Kenntniß der Pflanzenaschen von der größten Wichtigkeit. Sie ist die einzige rationelle Basis der für die Landwirthschaft so bedeutenden Düngerlehre. Schon in den ältesten Zeiten und an allen Orten, wo der Ackerbau die Beschäftigung eines Volkes wurde, war das Hauptaugenmerk auf die Hervorbringung einer erhöhten Fruchtbarkeit des Bodens gerichtet. So lange aber nicht durch Wägungen und chemische

---

mit Begeisterung aufgenommen, ja als etwas Neues und Unerhörtes bekämpft wurde.

16) Schleiden, Encyclopädie der Naturwissenschaften. B. III. p. 127.

Analysen hergestellt war, daß die Düngung im Wesentlichen keine andere Bedeutung haben könne, als dem Boden die Summe von mineralischen Bestandtheilen wieder zuzuführen, welche ihm durch eine Ernte entzogen ist, so lange konnten sich die Erfahrungen der Landwirthschaft in dieser Richtung von einem blinden Umherirren nicht unterscheiden. Wie einfach erklären sich nun die landwirthschaftlichen Operationen, die Fruchtfolge, Wechselwirthschaft, Brache? Sind dem Boden durch die Ernte einer Pflanzenspecies gewisse Bestandtheile in dem Maaße entzogen, daß eine zweite Ernte kaum mehr Ertrag liefern würde, so kann noch ganz wohl eine andere Species, welche von der ersteren verschiedene mineralische Bestandtheile bedarf, von demselben Boden eine ergiebige Ernte gewähren. Durch Umarbeiten werden während der Brache in Berührung mit Luft und Wasser die unlöslichen Bestandtheile in lösliche Form übergeführt und können in diesem Zustande der Pflanze zur Nahrung dienen.

Nach den aufgestellten Grundsätzen mußte der Gedanke nahe liegen, dem Boden eine Ernte auf rein chemischem Wege, durch künstliche Mittel zu ersetzen, von welchem Gesichtspunkte aus die Agrifultur nicht nur theilweise schon gefördert, sondern ihr auch für die Zukunft ein weites ergiebiges Feld der Bearbeitung eröffnet worden ist <sup>17)</sup>.

Wenn übrigens die Chemie den sanguinischen Hoffnungen auf den Betrieb der Landwirthschaft nicht ganz so, wie man es erwarten durfte,

---

17) Die gewöhnliche Düngung ist stets von einer gewissen Wärmeentwicklung, bedingt durch die Verwesung der organischen Bestandtheile des Stalldüngers, begleitet, welche bei rein chemischer Düngung nicht statt findet. Man kann sich durch einen einfachen Versuch von dieser Temperaturerhöhung überzeugen. Werden Felder oder Beete neben einander im Herbst das eine mit Stalldünger, das andere mit chemischer Düngung behandelt, so zeigt es sich, daß im Frühjahre die Schneedecke von dem ersteren wenigstens um 14 Tage früher geschmolzen ist, als von dem zweiten.

entsprochen hat, wenn wir überhaupt sehen müssen, daß die Resultate der chemischen Forschungen dem Ackerbau noch keine zahlreicheren, mit ihren Fortschritten auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie in Verhältniß stehenden, unmittelbaren Vortheile gebracht hat, — so dürfen wir nicht vergessen, daß die Chemie sich ihrer Natur nach nur mit einem einzigen Factor des landwirthschaftlichen Betriebes bisher beschäftigt hat und beschäftigen konnte, mit der Düngerlehre. Der Landwirth ist aber ganz besonders abhängig von der physikalischen Beschaffenheit des Bodens, die oftmals allein hinreicht, die chemischen Mängel desselben zu ergänzen oder eine vortheilhafte chemische Zusammensetzung zu paralyßiren; er ist abhängig von Klima und Witterungsverhältnissen, von örtlicher Lage <sup>18)</sup>; die Bearbeitung des Bodens ist zum Theil mangelhaft und wird nie den Grad der Vollkommenheit erreichen, welche erforderlich wäre, um alle chemischen Bestandtheile zu ihrer vollen Wirksamkeit zu bringen; die Landwirthschaft wird ferner beherrscht von den commerziellen und bürgerlichen Verhältnissen, von den Absatzwegen ihrer Produkte, von dem Preise der Arbeit, von der Belastung des Bodens mit Rechten, häufig auch von Vorurtheil, Mangel an Intelligenz und Betriebsamkeit, — Momente, welche natürlich alle außer dem Bereiche der Chemie liegen.

---

18) Von dem großen Einfluß der örtlichen Lage auf die Vegetation kann man ein deutliches Bild gewinnen, wenn man im Freien irgend eine Pflanzengattung, am besten Mais, in einer Reihe säet und zwar so, daß jede Pflanze täglich eine bestimmte Zeit weniger Sonne hat, als die andere. Die Größe der Pflanze richtet sich dann nach der Summe der Sonnenstunden, so daß die am längsten der Sonne ausgesetzten unfehlbar die größten und entwickeltsten seyn werden, die am wenigsten von der Sonne beschienenen die kleinsten bleiben. Hierher gehört auch die Erfahrung, daß Weinberge durch Auführung von nahe liegenden Mauern, wenn sie von ihnen auch nur wenige Zeit des Tages die Sonne abhalten, an Qualität und Quantität des Ertrags verlieren.

Je mehr sich die commerziellen Beziehungen durch Vervollkommnung der Transportmittel und durch größere Ausdehnung der Handelsverbindungen vervielfältigen, je mehr sich die mechanische Bearbeitung des Bodens durch zweckmäßige Werkzeuge hebt, je mehr sich die bürgerlichen Verhältnisse zu Gunsten des Ackerbaues ändern und seinen Betrieb freier und unbehinderter machen, je mehr die Intelligenz und mit ihr die Betriebsamkeit der Masse der Landwirthe sich steigert, desto mehr werden auch die Resultate der Wissenschaft praktisch werden und ins Leben übergehen, desto größer werden die Folgen von Versuchen und Experimenten seyn, die heute von eifrigen Adepten der Wissenschaft mühsam verfolgt werden und keinen andern Zweck haben, als die Förderung der Wissenschaft selbst.

Nur wenig bleibt noch zu sagen übrig von den weiteren Entwicklungsperioden, der Blüthe und des Fruchttragens, indem sich diese von dem allgemeinen Wachstume nicht wesentlich unterscheiden.

Nach Ingenhousz' und Saussure's Versuchen ergibt sich als Resultat, daß die Blüthen bei Tag sowohl als in der Dunkelheit Sauerstoff aufnehmen und mit diesem aus ihrer eigenen Substanz Kohlensäure bilden, die sie dann aushauchen. Es ist einleuchtend, daß auf solche Weise einzelne Theile der Pflanze in gewissen Epochen in ihren Respirationsverhältnissen von der thierischen Respiration sich nicht mehr unterscheiden würden, indem sie wie die animalischen Gebilde zu Verbrennungsapparaten geworden wären. Neuere Versuche <sup>19)</sup> haben indeß gezeigt, daß die Pflanze auch während der Blüthezeit mehr Kohlensäure aufnimmt, als abgibt, und demnach der Einfluß der Blüthen nicht so bedeutend ist, als man ihn bisher sich vorstellen zu dürfen glaubte. Es stimmt dieses Resultat auch mit Liebig's

---

19) Vogel jun. und Wittwer, das Verhältniß der Vegetation zur Atmosphäre. 1851. p. 75.

Ansicht überein, der zu Folge alle diese Aushauchungen weniger einem nothwendigen Akte der Vegetation, als vielmehr nur dem Einflusse des Sauerstoffs auf die organischen Wesen überhaupt zuzuschreiben sind.

Die Periode des Fruchttragens, obschon so häufig Gegenstand der Forschung geworden, hat bis jetzt dessenungeachtet keine vollständige chemische Erklärung erhalten. Es mag dieß wohl in dem Umstande liegen, daß die Früchte selbst in ihrer Farbe, Zusammensetzung, ihrem Verhältniß der Masse zur Oberfläche außerordentliche Verschiedenheiten zeigen. Im grünen Zustande zeigen sie dasselbe Verhalten, wie überhaupt alle grünen Pflanzentheile, obgleich auch hier ihr Einfluß auf die Atmosphäre wegen ihrer verhältnißmäßig geringen Oberfläche offenbar nur ein unbedeutender seyn kann.

Während der Periode des Reifens, die indessen im Vergleich zur ganzen Vegetationsperiode nur eine kurze ist, erscheint das Verhältniß geändert, es wird nun Sauerstoff absorbiert und Kohlensäure ausgehaucht. Das Phänomen der Fruchtrespiration ist demnach ein sehr complicirtes. In der Zeit, in welcher die Früchte dem reifen Zustande sehr nahe sind, wandelt die Frucht schnell den Sauerstoff der Atmosphäre in Kohlensäure um und entwickelt sie auch aus ihren <sup>20)</sup> eigenen Bestandtheilen, indem eine Art von Gährung, die Pektin-gährung, eintritt. Da die pflanzensauren Salze unter dem Einflusse einer stickstoffhaltigen Substanz sich in kohlen-saure Salze verwandeln können, so wird es wahrscheinlich, daß in den Früchten bei ihrem Uebergang zur Reife ein ähnlicher Proceß das Verschwinden der Pflanzensäuren veranlasse und das Hervortreten der zuckrigen Substanz bewirke.

Mit der Periode des Fruchttragens hat die Pflanze ihre Laufbahn beschlossen; die nun folgenden Veränderungen unterliegen den allgemeinen Gesetzen der Auflösung organischer Gebilde. Es tritt ein langsamer Dry-

---

20) Fremy, chemische Untersuchungen über das Reifen der Früchte; Pektose, Pektase. Deutsch von N. Gräber 1851.

dationsprozeß ein; der mit Mühe der Kohlensäure entzogene Kohlenstoff der Pflanze verbindet sich wieder mit dem Sauerstoff der Atmosphäre, um von Neuem Kohlensäure zu bilden, es findet Wasser- und Ammoniakbildung statt. Die organische Materie der Pflanze ist in einem ewigen Kreislauf begriffen; in die Atmosphäre, der sie entnommen, kehrt sie zurück, sobald sie ihre Bestimmung erfüllt. Zuletzt wenn die Pflanze das Schicksal alles organischen Seyns getheilt hat, zuletzt bleibt von ihr nichts zurück als ihre wenigen unorganischen Theile, welche sie dem Boden wiedergibt zur Erzeugung eines neuen Pflanzenlebens.

Sollte uns die Betrachtung dieser ewigen Metamorphosen wirklich den Beweis geben von der Nichtigkeit alles irdischen Seyns? Fast möchte es so scheinen; denn auf den ersten Anblick sehen wir, nichts ist dauernd, als der Wechsel, nichts beständig, als der Tod. Doch gerade in diesem Immerwiederkehren in anderen Formen, in diesem ewigen Zurückkehren zu den Urelementen, offenbart sich hierin nicht die Ewigkeit der schöpferischen, jeder Vernichtung als beständige Siegerin entgegentretenden Kraft? Erhält die Idee der in der Natur vor sich gehenden Metamorphosen ihren höchsten Adel dadurch, daß man dem Schmetterlinge, der seine beengende Hülle abstreifend seinen Flug nach oben entfaltet, so oft die menschliche Seele vergleicht, so kann Aehnliches auch der vegetabilischen Natur zu Gute kommen, welche, wenn sich in ihr die Elemente gleichviel ob zu einem tausendjährigen Stamme oder einer schnell vorübereilenden Frühlingablume vereinigt haben, ihre Gebilde dem großen Ringe, welcher alle Naturreiche umschließt, zurückgibt. In dem Brande des Chemismus erhebt sich der Pflanzenleib stets wieder unverändert, ja mit erhöhter Lebensenergie und stofflich bereichert. Er ist dem Phönix vergleichbar, der aus seiner Asche verjüngt hervorgeht. Dieß ist eine Eigenthümlichkeit des vegetabilen Organismus, welche eben durch das Wesen des Lebens selbst bedingt wird. Das Lebendige verjüngt sich im Stoffwechsel. Die Pflanze verjüngt sich von Knoten zu Knoten, von Blatt zu Blatt; sie verjüngt ihre Art in jedem Organismus zur Blüthe, in jeder Blüthe zur Frucht. Diese verjüngenden Stoffwechsel

treten am deutlichsten unter dem Bilde des Ausschlagens (Vernatio), der Blattfülle (Laubfülle), des Blühens u. hervor; oft in sehr verschieden markirten Perioden. Verjüngung ist partielles Absterben, partielle Stoffentmischung und Ausscheidung behufs des Fortlebens, der Weiterentfaltung des Ganzen. Verjüngung tritt so lange ein, als die Summe des Absterbenden oder Auszuscheidenden geringer ist, als die des Lebensfähigen, weiter zu Entfaltenden, des Bestehenden. Jeder Organismus, also auch der pflanzliche, verjüngt sich in partiellem Absterben eine Zeit lang, bis er sich mit zunehmendem und rapiderem Wechsel so entmischt, daß er vom Capital des Lebens zehrt; dann beginnt er mit den Entäußerungen des Stoffs zu sterben. Die chemische Action erfolgt also bei jeder dieser in gesetzmäßiger Succession auf einander folgenden Verjüngungsprozessen stets in der Art, daß die Pflanze dabei nicht in ihrem Wesen verändert wird. Ihre Reactionen auf die Stoffe und Dynamiden, unter deren Einwirkungen das Leben fortschreitet, verändern diese Stoffe, verändern aber die Pflanze selbst nur im Sinne und in der Bedeutung ihres Wesens. Die Pflanze beharrt autonomisch und geht aus jedem Konflikte als sie selbst hervor. Was sie an den von ihr verwendeten Stoffen, zunächst an den vier großen Elementen und an deren großen, für die Vegetation vorzugsweise wichtigen binären Combinationen: Wasser, Ammoniak und Kohlensäure nach verschiedenen Gesetzen bindet und scheidet, tritt in den Lebenskreis der Pflanze, ohne diese zu verändern. Sie bleibt dieselbe, während sie die ternären Verbindungen von Stärke, Gummi, Zucker, Holzfaser, die quaternären von Proteinartigen, von Alkaloiden, die Säuren, Oele, Harze u. unter rhythmischer Einnahme der dazu nöthigen Elemente in sich und aus sich bildet. Die Pflanze bleibt dieselbe, während sie ihren Stoff verwandelt. Das Schauspiel ihres fortdauernden Metaschematismus ist um so erhabener, weil es uns selbst auf der niederen Stufe des Vegetabilen zeigt, wie das Leben den Stoff siegreich beherrscht, wie es ihn von Stufe zu Stufe, von Periode zu Periode verwandelt, ohne an sich selbst eine andere Veränderung zu erleiden, als jene, die eben durch die fortschreitende Selbstbestimmung

des Organismus vorgenommen wird, auf daß er seine Natur vollständig erreiche und der Außenwelt gegenüber behaupte.

Eine nur flüchtige Betrachtung der Vegetationserscheinungen, wie sie hier versucht worden, zeigt schon zur Genüge, wie vieles dem menschlichen Auge verborgen, wie vieles noch zu erforschen geblieben. Die Vegetation beruht auf wenigen Naturgesetzen. Und dennoch bietet offenbar die Pflanzenphysiologie noch so viel Fragliches, sie bedarf noch so zahlreicher empirischer Argumente. Dieß rührt wohl mit daher, daß Forschungen solcher Art nicht augenscheinlich lohnend und deßhalb mit Aufopferungen verknüpft sind, deren nur ein mit Begeisterung für die reine Wissenschaft erfüllter Sinn fähig ist. Nur mühsam bricht sich das Gute und Wahre Bahn, und selten wird dem Forscher der Lohn für eine neue Idee, für eine mühsame Arbeit zu Theil, die nachgeborenen Geschlechtern vielleicht eine unschätzbare Menge von materiellen Vortheilen gebracht hat.

Es ist vielleicht Aufgabe einer nicht zu fernem Zeit, die Resultate langer Specialisirung in das Reich des Allgemeinen und Absoluten zu erheben. Gerade den Naturwissenschaften ist die hohe Aufgabe zu Theil geworden, die große Kluft zwischen Idealem und Realem auszufüllen und Gegensätze zu verbinden, welche anderwärts nicht selten feindlich einander entgegentreten. In dem Reiche der Natur steht jeder Schritt der geistigen Erkenntniß im näheren oder entfernteren Zusammenhange mit dem praktischen Leben und eben deßhalb darf bei erhöhter Thätigkeit auf diesem Gebiete über der bestimmten Beschäftigung, — über dem speciellen Zweck, ihrer weit höheren Aufgabe, — der Veredlung des Geistes und Herzens nicht vergessen werden.

Daß in unserem Vaterlande die Naturwissenschaften fort und fort in ihrer wahren Bedeutung würdig gepflegt werden, dafür bürgt uns der erhabene Wille unseres Monarchen, welcher den Begründer der Agriculturnomie mit kräftiger Hand in unsere Mitte versetzt hat.

Wir wollen uns nicht dadurch beirren lassen, daß die praktischen Resultate unserer Forschungen bisweilen in so weiter Ferne liegen. Erwartet

man doch nicht unmittelbar die Blüthen und Früchte, sobald der Keim des Baumes gelegt; gehören doch Jahrzehnte dazu, ehe die Grundsätze des Edeln und Wahren, die in die Seele des Kinds gepflanzt werden, im Manne ein schönes Bild der Vollendung darstellen. Der zündende Funken der Wahrheit einmal erweckt wird nicht mehr erlöschen, sondern nachhaltig, wenn auch erst für spätere Jahrhunderte wirken.

Unsere Akademie als fester Hort und sichere Stätte reiner Wissenschaftlichkeit begeht heute die Vorfeier des hohen Geburtsfestes ihres königlichen Schutzherrn, in dessen fürsorgende Hand mit der obersten Leitung des gesammten Staatslebens die vornehmste Pflege jeder höheren Cultur, jeder geistigen Entwicklung gelegt ist. Dadurch, daß es mir vergönnt war, einige Blicke zu thun auf die wissenschaftliche Begründung der Agrikultur, die unter der Regide König Max II. in unserem Vaterlande reichlichste Unterstützung und Kräftigung findet, wird dem höchsten Pfleger der auf wissenschaftlichem Wege fortschreitenden Erkenntniß, — wird dem weisen Lenker des praktischen Staatslebens auch von diesem Orte aus gehuldigt. Die Keime der Bildung, der Aufklärung und Veredlung, durch ächten naturwissenschaftlichen Unterricht unter der erhabenen Fürsorge des wohlwollendsten Königs überall gepflegt und ausgestreut, — sie sind nicht auf unfruchtbares Land gefallen, sie werden nicht spurlos vergehen, sondern allenthalben im Volke wachsen, blühen, wohlthätige Früchte tragen, und späte Zeiten werden noch durch den auf sie überströmenden Segen besser als Worte bezeugen, daß hier ein hochsinniger Herrscher gewaltet, welcher das wahre Wohl seines Volkes erkannt und im Herzen getragen.