[217]

Siebentes Kapitel.

Von der Bindung und der Zersetzung des Wassers durch die Gewächse.

§ 1.

Untersuchungen über die Bindung des Wassers durch die Pflanzen, welche in atmosphärischer Luft, die frei von kohlensaurem Gas ist, vegetiren.

Diejenigen Schriftsteller, welche sich mit der Frage der Zersetzung des Wassers durch die Gewächse beschäftigt haben, brachten über diesen Gegenstand nur Vermuthungen vor, welche sich auf keinen directen Versuch stützen. *Senebier* sah niemals eine Pflanze, welche der Berührung mit dem kohlensauren Gas entzogen war, ein Volumen Sauerstoffgas ausscheiden, das grösser als das Volumen des Gewächses selbst war. (Physiologie végétale, vol. III, p. 228 u. ff.) Diese Wirkung schien ihm zu gering, um die Zersetzung des Wassers zu beweisen. Ueberdies erkannte er, dass diese kleine Menge Sauerstoffgas [218], welche geringer ist als das Volumen des Blattes, dem in seinem Parenchym versteckten kohlensauren Gase zuzuschreiben ist. Dieser gelehrte Physiologe verwirft indessen diese Zersetzung durch die Gewächse nicht; auf Grund sehr gelehrter Erwägungen und von Schlüssen, welche er aus der Keimung einiger Samen in reinem Wasser ohne scheinbare Berührung mit Sauerstoffgas zieht, hält er sie für wahrscheinlich; aber diese Beobachtung würde, selbst wenn sie richtig wäre, noch kein Beweis sein. Ich habe gezeigt, dass dies Ergebniss der im Wasser gelösten und nicht in seine Zusammensetzung eintretenden Luft zuzuschreiben ist. *Ingenhousz* betrachtete das Wasser als eine einfache Substanz. Indessen scheinen einige seiner Beobachtungen geeignet zu sein, die Zersetzung dieser Flüssigkeit anzuzeigen. Er sah, dass fleischige Pflanzen eine Atmosphäre nicht erneuerter gewöhnlicher Luft verbessern; da aber seine eudiometrischen Hülfsmittel nicht im Stande waren, absolute Mengen anzugeben, da das Volumen des Gewächses und das des gebildeten Gases nicht bekannt sind, so kann man immerhin glauben, dass das Volumen des ausgeschiedenen Sauerstoffgases kleiner ist, als das Volumen der zum Versuch benutzten Pflanze. *Spallanzani**),

*) Journal de Physique, pluviose au 7.

der dieselben Resultate mit in Kalkwasser untergetauchten fleischigen Pflanzen erhalten hat, [219] lässt uns gleichfalls in Ungewissheit über das Volumen des Gewächses. *Senebier* hat beim Zergliedern und Wiederholen dieser letzteren Versuche klar gezeigt, dass sie aus denselben Gründen, welche ich weiter oben mitgetheilt habe, nicht beweisend sind.

Der berühmte *Berthollet*, dessen Urtheil stets von sehr grossem Gewicht ist, erkannte die Zersetzung des Wassers beim Vegetiren der Pflanzen als richtig an, aber vielmehr auf Grund eines Raisonnements, als neuer Versuche. Mehrere Schriftsteller, die zu citiren überflüssig wäre, nahmen diese Zersetzung an, freilich ohne Beweise und sogar ohne die Frage zu erörtern.

Die Pflanzen, welche mit Hülfe reinen Wassers in Sauerstoffgas oder gewöhnlicher Luft vegetiren, die vor dem Versuche mit Kalkwasser gewaschen worden waren, können im grünen saftigen Zustande ihr Gewicht darin vergrössern, wenn sie sich entwickeln, ohne irgend einen ihrer Theile zu verlieren oder vertrocknen zu lassen. Dies Ergebniss beweist weder die Zerlegung des Wassers noch selbst die Bindung des Sauerstoffs und Wasserstoffs des Wassers in der Pflanze; diese kann durch die blosse Einführung von flüssigem oder von Vegetationswasser in die saftleitenden Gefässe oder in das Zellgewebe an Gewicht zunehmen; denn die Erfahrung hat seit langem bewiesen, [220] dass das Wasser in den Pflanzen nach Verhältniss der Feuchtigkeit des Bodens und ihres Etiolements zunehmen kann.

Ob die Trockensubstanz der Gewächse durch die Bindung der constituirenden Bestandtheile des Wassers zunimmt, kann man beurtheilen, wenn man bei Lufttemperatur eine ähnliche und an Gewicht derjenigen gleiche Pflanze, welche man im geschlossenen Gefäss mit Hülfe reinen Wassers und Sauerstoffgases vegetiren liess, trocknet, und wenn man zusieht, ob sie, nachdem sie unter diesen Umständen vegetirt hat, mehr wiegt, als sie getrocknet vor dem Versuche wog, und als die Pflanze wiegt, welche zum Vergleich dient. Es ist überflüssig hinzuzufügen, dass die beiden Pflanzen in demselben Reifezustand und auf demselben Boden geerntet, und dass sie immer bei dem nämlichen Grad des Thermometers und Hygrometers gewogen werden müssen.

Die vielfachen Experimente, welche ich nach diesem Verfahren anstellte, zeigten mir, dass die Pflanzen, welche in einem verschlossenen Gefäss allein mit Wasser in atmosphärischer Luft, die frei von kohlensaurem Gas ist, vegetiren, kaum

das Gewicht ihrer vegetabilischen Substanz, auf Trockensubstanz bezogen, vergrössern, und dass sie es, wenn überhaupt, nur um eine sehr kleine und beschränkte Menge vergrössern, oder dass, wenn die Pflanze längere Zeit fortfährt zu vegetiren, es nicht mehr vergrössert werden kann. [221] Aus den zahlreichen Versuchen, welche ich über diesen Gegenstand anstellte, wähle ich diejenigen aus, welche mir die entschiedensten Ergebnisse lieferten.

Im Juni stellte ich in einen 4,95 Liter oder 250 Cubikzoll gewöhnliche Luft, welche frei von kohlensaurem Gas war, fassenden Recipienten drei Lysimachiapflanzen (Lysimachia vulgaris), deren Wurzeln unter demselben in ein Hundertstel Liter destillirten Wassers tauchten. Sie wurden der abwechselnden Wirkung der Nacht und der in ihrer zu grossen Intensität gemilderten Sonne ausgesetzt; diese Pflanzen wogen grün 6,96 Gramm oder 129¼ Gran und nahmen einen Raum von 10 Cubikcentimetern oder ½ Cubikzoll ein.

Andere Lysimachien von gleichem Gewicht wie dem angegebenen erntete und trocknete ich bei Lufttemperatur. Ihre getrocknete vegetabilische Substanz wog 2,05 Gramm (38½ Gran) bei einem bestimmten Thermometer- und Hygrometergrad; diese Pflanzen waren zu gleicher Zeit und an demselben Orte wie diejenigen, welche unter dem Recipienten wuchsen, ausgerissen worden.

Nach acht Tagen erlöste ich die letzteren aus ihrer Gefangenschaft; sie waren vollständig gesund; [222] sie hatten sich verlängert, aber nicht merklich die sie umgebende Luft weder an Reinheit noch an Volumen verändert; sie wogen nun grün 7,43 Gramm (141 Gran) und getrocknet bei dem nämlichen Grad wie die vorhergehenden 2,159 Gramm (40½ Gran). Sie hatten also ihre Trockensubstanz um 2,159 — 2,05 = 109 Milligramm oder um zwei Gran*) vermehrt. Wenn diese 109 Milligramm nur aus dem Wasserstoff des Wassers gebildet worden wären, so hätten die Pflanzen unter dem Recipienten all den Sauerstoff ausscheiden müssen, mit dem die 109 Milligramm Wasserstoff verbunden gewesen sein mussten, d. h. wenigstens 436 Cubik-

*) In diesen zwei Gran ist der Sauerstoff, welchen die Pflanze in der atmosphärischen Luft assimilirte, eingeschlossen; aber die Menge kohlensaures Gas, welches die Pflanze bildete, und welches sie bei der Assimilation zersetzte, ist so klein, dass ich diese Zunahme in meinem Resultat nicht in Rechnung stellen kann.

centimeter oder 22 Cubikzoll Sauerstoffgas, eine Menge also, welche theils durch die Volumenzunahme, theils durch die eudiometrische Probe hätte auffallen müssen. Da sie nun aber in diesem Versuch keine bestimmbare Menge Sauerstoffgas ausschieden, so ergiebt sich daraus, dass sie sich ausser dem Wasserstoff des Wassers fast die ganze Menge seines Sauerstoffs aneigneten.

[223] Der soeben mitgetheilte Versuch wurde wiederholt, indem ich ihn auf die doppelte und dreifache Zeit ausdehnte, d. h. indem ich die Pflanze in einem geschlossenen Gefäss vierzehn Tage und einen Monat vegetiren liess; aber die Lysimachien, von gleichem Gewicht wie die vorhergehenden, vermochten niemals ihre vegetabilische Substanz um mehr als 2 Gran zu vergrössern, zuweilen vermehrten sie dieselbe überhaupt nicht, obgleich sie sich um mehrere Zoll verlängerten.

Sieben Immergrünpflanzen (Vinca minor L.), welche zusammen 7,855 Gramm oder 148 Gran wogen, und welche 2,375 Gramm ($44\frac{3}{4}$ Gran) Trockensubstanz enthielten, wurden in einen Recipienten unter ähnliche Verhältnisse wie im vorhergehenden Versuch gebracht; sie nahmen einen Raum von 10 Cubikcentimetern ($\frac{1}{2}$ Cubikzoll) ein. Diese Pflanzen erfuhren nicht die geringste Veränderung, weder an Reinheit noch an Volumen veränderten sie ihre Atmosphäre; nach dem Trocknen wogen sie nun $46\frac{1}{2}$ Gran; ihre Trockensubstanz hat sich demnach um 93 Milligramm ($1\frac{3}{4}$ Gran) vermehrt, welche nicht der blossen Assimilation des Wasserstoffgases des Wassers zugeschrieben werden können, da diese Wirkung eine Ausscheidung von 19 Cubikzoll Sauerstoffgas voraussetzen würde, [224] welche nicht wahrgenommen worden ist. Diesen Versuch wiederholte ich mehrmals, indem ich ihn bedeutend verlängerte; aber die Assimilation von Wasser durch das Gewächs war niemals beträchtlicher gewesen.

Zwei Pflanzen von Mentha aquatica, welche grün 157 Gran wogen, nahmen im frischen Zustande um 17 Gran an Gewicht zu, als sie in einem geschlossenen Gefäss mit Hülfe von reinem Wasser in atmosphärischer Luft vegetirten; ihre Trockensubstanz ist jedoch um nicht mehr als 1 Gran angewachsen. Als ich diesen Versuch mit gleichen Pflanzen längere Zeit fortsetzte, war die Zunahme nicht beträchtlicher. In diesem wie in den vorhergehenden Versuchen veränderte sich die Atmosphäre der Pflanze weder an Reinheit noch an Volumen.

Ich muss bemerken, dass ich nur auf Ergebnisse Rücksicht genommen habe, bei welchen die Pflanzen nicht litten; denn

sofern nur im Geringsten die vegetirenden Pflanzen welk werden, verlieren sie, weit davon entfernt, daran zuzunehmen, an Gewicht.

[225] § 2.

Ueber die Bindung des Wassers durch die Pflanzen, welche in einem Gemisch aus gewöhnlicher Luft und kohlensaurem Gas vegetiren.

Die Bindung des Wassers in den vorhergehenden Experimenten lieferte so geringe Ergebnisse, dass sie kaum ausserhalb der Grenze der Beobachtungsfehler fallen; ich glaube jedoch, dass die Ursache davon nicht schwer zu erklären ist. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Mengen Sauerstoff und Wasserstoff über gewisse Grenzen hinaus in den Gewächsen nicht vergrössert werden können, wenn nicht der Antheil ihres Kohlenstoffes in demselben Verhältnisse wächst. In Folge dessen liess ich Pflanzen in einem Gemisch aus gewöhnlicher Luft und kohlensaurem Gas vegetiren, damit sie Kohlenstoff assimilirten. Alsdann waren die Ergebnisse jedesmal, wenn die Vegetation nicht gelitten hatte, deutlicher. Augenscheinlich vermehrten die Pflanzen ihre Trockensubstanz um eine grössere Menge, als diejenige betrug, welche sie aus den Elementen des sauren Gases schöpften.

[226] Bei dieser Gelegenheit komme ich auf die Versuche zurück, welche ich Kap. II, § 4 über die Zersetzung des kohlensauren Gases mittheilte. Damals gab ich nicht alle Einzelheiten an. Aus dem ersten Experiment ersah man, dass sieben Immergrünpflanzen, welche mit Hülfe reinen Wassers in einem Gemisch aus gewöhnlicher Luft und kohlensaurem Gas vegetirt hatten, den in 431 Cubikcentimetern (21¾ Cubikzoll) kohlensaurem Gas enthaltenen Kohlenstoff oder nach *Lavoisier* eine Kohlenstoffmenge gleich 217 Milligramm (4,2 Gran) assimilirt hatten; ausserdem eigneten sie sich aus demselben Gase noch 139 Cubikcentimeter (7 Cubikzoll) Sauerstoffgas an; doch darf ich diese letztere Assimilation vernachlässigen, weil sie als Ersatz dafür eine gleich grosse Menge Stickgas verloren. Diese beiden entgegengesetzten Wirkungen heben sich nahezu gegenseitig auf. Vor dem Versuch wogen diese Pflanzen grün 8,955 Gramm (168¾ Gran) und enthielten 2,707 Gramm (51 Gran) Trockensubstanz. Nach der Zerlegung des sauren Gases lieferten sie getrocknet 3,237 Gramm (61 Gran). Sie vermehrten also ihre Trockensubstanz um 531 Milligramm (10 Gran), von

denen nur 217 Milligramm (4,2 Gran) dem sauren Gase zugeschrieben werden können. [227] Das Immergrün hat demnach bei diesem Versuch 315 Milligramm (5,8 Gran) Wasser gebunden oder in feste Substanz verwandelt.

Zwei Pflanzen von Mentha aquatica, Kap. II, § 4, Exper. II, zersetzten 309 Cubikcentimeter (15,6 Cubikzoll) kohlensaures Gas, welche nach *Lavoisier* 159 Milligramm (3 Gran) Kohlenstoff enthalten. Vor dem Versuch lieferten sie 1,698 Gramm oder 32 Gran, nach dem Versuch 2,016 Gramm oder 38 Gran Trockensubstanz; demnach vergrösserten sie ihre Trockensubstanz um 318 Milligramm oder 6 Gran, von denen 159 Milligramm (3 Gran) der Bindung von Wasser zugeschrieben werden müssen.

Solche Ergebnisse setzen Bedingungen voraus, welche sich nur selten zusammenfinden; die Pflanze muss in allen ihren Theilen gesund bleiben; wenn nur ein einziges Blatt unter dem Recipienten welkt, oder wenn die Wurzeln Schaden leiden, zeigt sich im trocknen Zustande das Gewicht der Pflanze oft vermindert, obgleich sie eine grosse Menge kohlensaures Gas zerlegt.

[228] § 3.

Von der Zerlegung des Wassers durch die Gewächse.

Da die Pflanzen sich den Sauerstoff und Wasserstoff des Wassers aneignen, so kann man vermuthen, dass sie unter bestimmten Umständen den Sauerstoff, welcher einen Bestandtheil dieser Flüssigkeit ausmacht, aushauchen müssen. Die über einander gehäuften todten Gewächse, welche ohne Berührung mit Luft gähren, bilden kohlensaures Gas ausschliesslich aus ihrer eigenen Substanz. Bei diesem Vorgange verbindet sich, unterstützt von der bei der Gährung entstehenden Wärme, der Sauerstoff des während des Vegetationsprocesses gebundenen oder in feste Substanz übergeführten Wassers mit dem Kohlenstoff, um saures Gas zu bilden, und die vegetirenden Pflanzen scheiden, indem sie dasselbe zersetzen, den Sauerstoff aus, welcher ursprünglich dem Wasser angehört hatte. Doch scheinen sie in keinem Falle dasselbe direct zu zersetzen, indem sie sich seinen Wasserstoff aneignen und unmittelbar seinen anderen Bestandtheil in der Form von Sauerstoff entbinden.

Die grünen Pflanzen, welche Tag und Nacht in Stickgas vegetirten, verbreiten dort das Mehrfache ihres Volumens an Sauerstoffgas, [229] weil sie, da sie in den ersten Stadien dieser Vege-

tation der Berührung mit diesem Gase entzogen sind, kohlensaures Gas, welches sie zersetzen, ausschliesslich aus ihrer eigenen Substanz bilden. Aber dieselben Pflanzen oder wenigstens diejenigen, welche nicht fleischig sind, fügen einer Atmosphäre aus gewöhnlicher Luft oder Sauerstoffgas, worin sie Tag und Nacht vegetiren, kein Sauerstoffgas hinzu; und nur in solchen Atmosphären kann man beurtheilen, ob sie direct Wasser zerlegen, weil das von ihnen dort gebildete kohlensaure Gas das Ergebniss der Verbindung ihres Kohlenstoffs mit dem Sauerstoffgas der umgebenden Luft und nicht das ausschliessliche Product ihrer eigenen Substanz ist*).

[230] Mit Hülfe von Wasser liess ich vier Monate lang in der Sonne in 40 Cubikzoll atmosphärischer Luft, die durch Wasser und Quecksilber abgeschlossen war, Lythrum salicaria vegetiren; mehrmals erneuerte ich diese Pflanze, damit sie keine Veränderung erleiden möchte. Nach diesem lang ausgedehnten Versuch enthielt die Luft des Recipienten $\frac{1}{100}$ Sauerstoffgas weniger, als zu der Zeit, da sie der Wirkung der vegetirenden Pflanzen ausgesetzt wurde; und dennoch waren letztere in ihr stets sehr kräftig.

Ebenso liess ich unter denselben Umständen drei Monate lang Polygonum persicaria vegetiren; die sie umgebende gewöhnliche Luft erlitt keine Verbesserung, keine wahrnehmbare Veränderung.

Alle anderen Pflanzen mit zarten Blättern, welche ich solchen Versuchen unterwarf, lieferten mir die nämlichen Ergebnisse.

---

*) Die Ergebnisse der folgenden Versuche widersprechen nicht den soeben mitgetheilten. Ich liess in der Sonne drei Wochen lang mit Hülfe von Wasser unter zwei gleichen mit gewöhnlicher Luft gefüllten Recipienten zwei Pflanzen von Mentha aquatica vegetiren. In jeden Recipienten brachte ich neben die vegetirende Pflanze eine verwelkte, aber nicht vertrocknete und nicht vollständig todte Mentha, doch war diese verwelkte Menthapflanze in dem einen Recipienten mit dem zu seinem Verschluss dienenden Wasser bedeckt, während sie in dem anderen Recipienten in der in ihm enthaltenen Luft aufgehängt war. Die in der Nachbarschaft dieser letzteren vegetirende Pflanze verbesserte ihre Atmosphäre nicht, während die mit der untergetauchten Pflanze das Mehrfache ihres Volumens an Sauerstoffgas der sie umgebenden gewöhnlichen Luft zufügte. Der verschiedene Ursprung [230] des unter diesen Umständen von den verwelkten Pflanzen gebildeten kohlensauren Gases erklärt diese Resultate. Die untergetauchte Pflanze lieferte das gesammte saure Gas aus ihrer eigenen Substanz, während diejenige aus der Luft nur den Kohlenstoff des sauren Gases hergab.

Die einzige Wirkung, welche überraschen könnte, besteht darin, dass sie ihre Atmosphäre nicht merklich verschlechterten, indem sie bei der Zersetzung des von ihnen gebildeten kohlensauren Gases dessen Sauerstoffgas absorbirten. Doch muss beachtet werden, [231] dass die in das nicht erneuerte Wasser tauchenden Wurzeln, da sie der Berührung mit Sauerstoffgas entzogen waren, ausschliesslich aus ihrer eigenen Substanz eine kleine Menge kohlensaures Gas bilden mussten, und dass die Zerlegung desselben durch die Blätter fast genau die Absorption des Sauerstoffgases ausgleichen konnte.

Ich bemerkte in der That bei diesen Versuchen oft, dass die Wurzeln eine kleine Menge Luft frei machen, besonders wenn sie dem Licht ausgesetzt wurden. Im Schatten wurde dies Gas von der Pflanze in dem Maasse absorbirt, wie es gebildet wurde.

Wenn die Pflanzen im Wasser eine überflüssige Menge Sauerstoffgas fänden, würden sie allen Sauerstoff des kohlensauren Gases, welches sie zersetzen, ausscheiden; die im Kap. II mitgetheilten Versuche haben jedoch bewiesen, dass sie einen Theil desselben assimiliren. Das Sauerstoffgas, welches sie in dem sie ernährenden Wasser fanden, genügte also nicht zu ihrer Ernährung.

Cactus opuntia (und wahrscheinlich auch andere fleischige Pflanzen)*) scheint auf den ersten Blick Ergebnisse darzubieten, die von den soeben mitgetheilten eine Ausnahme machen. [232] Der Cactus kann, indem er Tag und Nacht unter demselben mit atmosphärischer Luft, die vorher ihres kohlensauren Gases beraubt wurde, gefüllten Recipienten wächst, das Mehrfache seines Volumens an Sauerstoffgas ausgeben. Mit dieser Pflanze stellte ich den folgenden Versuch an; ich wiederholte ihn viermal unter denselben Verhältnissen und mit den gleichen Ergebnissen. Die Einzelheiten, welche ich mittheilen will, werden die Genauigkeit meines Verfahrens zeigen.

Im Juni pflückte ich bei Sonnenuntergang ein Blatt oder ein Glied von Cactus ab, das einen Raum von 15 Cubikcentimeter ($\frac{3}{4}$ Cubikzoll) einnahm; es wurde in ein Glas mit Fuss gesetzt, das auf dem Grunde 10 Cubikcentimeter oder $\frac{1}{2}$ Cubikzoll destillirtes Wasser enthielt; das Blatt berührte bloss mit seiner Spitze

*) Ich unterwarf denselben Versuchen Sempervivum tectorum, Stapelia variegata und Sedum telephium; doch konnten sie nicht lange genug, ohne Schaden zu nehmen, eine sehr feuchte Atmosphäre ertragen.

oder mit seinem keilförmigen Ende die Oberfläche dieser Flüssigkeit.

Das Ganze wurde mit einem genügend hohen Recipienten bedeckt, damit die Veränderung um $\frac{1}{4}$ Cubikzoll in dem vorhandenen Luftvolumen wahrnehmbar sein möchte. Diese Luft, welche frei von kohlensaurem Gas war, nahm 847 Cubikcentimeter ($42\frac{3}{4}$ Cubikzoll) ein. Als bei Erschöpfung des in dem Glase enthaltenen Wassers der Cactus ausser Berührung mit demselben kam, konnte ich ihn, ohne ihn herausnehmen zu müssen, [**233**] mit einer neuen Menge versehen, indem ich den Recipienten in gekochtes Wasser tauchte und wieder emporhob. Durch diese in sein Inneres hineinsteigende Flüssigkeit war er abgesperrt; und der Grund der Schale, auf welcher er ruhte, war mit Quecksilber erfüllt. Nach 31 Tagen nahm ich die Pflanze heraus, welche ebenso gesund zu sein schien wie damals, als ich den Versuch ansetzte; sie hatte Wurzeln von 2,7 Decimeter (1 Zoll) Länge getrieben und ihre Atmosphäre hatte sich um 69 Cubikcentimeter ($3\frac{1}{2}$ Cubikzoll) vergrössert. Das Eudiometer zeigte in den 917 Cubikcentimetern ($46\frac{1}{4}$ Cubikzoll) Luft (wenn wir das Mittel aus fünf Beobachtungen ziehen) 25 Hundertstel und vor der Einbringung der Pflanze 21 Hundertstel Sauerstoffgas an. Aus diesen Angaben geht hervor, dass der Cactus in dem Zeitraum von einem Monat in der Sonne das dreiundeinhalbfache seines Volumens an Sauerstoffgas ausgeschieden hatte, das nur der Zersetzung des Wassers zugeschrieben werden konnte.

Doch scheint es, dass die Pflanze nicht direct diese Zersetzung bewirkte, oder dass sie sich nicht unmittelbar den Wasserstoff des Wassers aneignete, indem sie dessen Sauerstoff ausschied. Ein vertiefteres Studium führt dazu zu glauben, [**234**] dass sie nur in der Sonne ausschliesslich aus ihrer eigenen Substanz kohlensaures Gas bildete und wieder zersetzte.

Man muss jedoch beachten 1., dass die inneren Theile des Cactus mit Rücksicht auf seine geringe Oberfläche und den Mangel an Porosität seiner Epidermis*) nicht in unmittelbarer Berührung mit dem Sauerstoffgas stehen, wenn die Sonne die freie Luft, welche in ihn eingedrungen war, austreibt; sie befinden sich nach dieser Austreibung fast unter denselben

*) Die Blattepidermis der fleischigen Pflanzen hat viel weniger Poren als die anderer Pflanzen. Diese bemerkenswerthe Beobachtung verdankt man *Decandolle*.

Verhältnissen, wie wenn man sie der Destillation in einem geschlossenen Gefäss unterworfen hatte, oder wenn sie in Stickgas vegetirt hätten; sie bilden das kohlensaure Gas ausschliesslich aus ihrer eigenen Substanz. Mit den zarten Blättern verhält es sich nicht ebenso; alle ihre Theile sind mit der umgebenden Luft in Berührung, nicht nur, weil ihr Parenchym weniger dicht ist, sondern auch, weil ihre Epidermis unter sonst gleichen Verhältnissen mit einer viel grösseren Zahl von Poren versehen ist. Die Verbesserung, welche der Cactus in seiner Atmosphäre bewirkt, ist sehr gering; [235] nach vierundzwanzig Stunden ist sie unter den günstigsten Umständen nur dem dreizehnten Theile des Blattvolumens gleich.

2. Ein directer Versuch bewies mir, dass der Cactus Sauerstoffgas nur in Folge der Zerlegung des kohlensauren Gases ausscheidet. Während eines Monats liess ich Cactusse unter solchen Verhältnissen vegetiren, in welchen sie dreiundeinhalbes Mal ihr Volumen an Sauerstoffgas gebildet hatten; doch hing ich in dem oberen Theil des Recipienten ein mit Kalilauge gefülltes Gefäss auf; alsdann führte der Cactus seiner Atmosphäre kein Sauerstoffgas mehr zu; er veränderte dieselbe nicht, und die Kalilauge brauste auf; die Pflanze nahm indessen keinen Schaden; wie im vorhergehenden Versuch trieb sie Wurzeln. Das Kali entzog in diesem Versuch dem Gewächs nicht jenes kohlensaure Gas, welches dasselbe im Dunkeln mit dem Sauerstoffgas der umgebenden Luft bildete; diese Kohlensäure hielt der Cactus in seinem dichten Parenchym zurück; das Kali entzog der Pflanze nur das Gas, welches sie aus ihrer eigenen Substanz erzeugte. Indem ich Kalkwasser unter den Recipienten brachte, sah ich, dass dies letztere saure Gas nur in der Sonne gebildet wurde.

3. In Kap. II, § 4, Exper. V zeigte ich, dass der Cactus, welcher mit Hülfe von Wasser in einem Gemisch aus gewöhnlicher Luft und kohlensaurem Gas vegetirt, wie andere Pflanzen, indem sie letzteres Gas zersetzen, einen beträchtlichen Theil des Sauerstoffs desselben zurückhält. [236] Diese Pflanze findet demnach im Wasser allein keine hinreichende Menge Sauerstoff; sie ist deshalb auch weit davon entfernt, unter den für sie günstigsten Vegetationsbedingungen diesen Bestandtheil des Wassers als überflüssig zurückweisen zu können.

4. Mit der grössten Sorgfalt forschte ich nach, ob die Cactusse, welche dreiundeinhalbes Mal ihr Volumen an Sauerstoffgas ausgeschieden hatten, als sie einen Monat lang in atmo-

sphärischer Luft, welche frei von kohlensaurem Gas war, vegetirten, bei diesem Verfahren ihre Trockensubstanz*) vermehrt hatten; ich fand jedoch keine Zunahme; es schien mir sogar, als ob diese Substanz beständig eine kleine Gewichtsverminderung erlitten hätte.

Rückblick.

Indem die Pflanzen sich den Sauerstoff und Wasserstoff des Wassers aneignen, verliert dasselbe so seinen flüssigen Zustand. [237] Diese Assimilation tritt nur deutlich hervor, wenn die Pflanzen sich zu gleicher Zeit Kohlenstoff einverleiben.

Das durch die Gewächse gebundene oder in feste Substanz verwandelte Wasser kann wahrscheinlich seinen Sauerstoff in Form von Gas erst nach dem Tode der Pflanze oder eines seiner Theile verlieren. Wenn die Gewächse, welche Sauerstoff und Wasserstoff des Wassers assimilirten, ohne freie Berührung mit Sauerstoff zu gähren anfangen, so erzeugen sie alsdann kohlensaures Gas ausschliesslich aus ihrer eigenen Substanz. Der Sauerstoff des gebundenen Wassers kann sich mit ihrem Kohlenstoff zur Bildung von kohlensaurem Gas vereinigen; und die Pflanzen oder die vegetirenden Theile scheiden, indem sie den Sauerstoff dieses letzteren entbinden, mittelbar einen ursprünglich dem Wasser angehörenden Bestandtheil aus.

So kann durch die Mitwirkung der Vegetation und der ohne Berührung mit Luft vor sich gehenden Gährung das Wasser seinen wichtigsten Bestandtheil in der Form von Sauerstoffgas entweichen lassen.

Aber in keinem Falle zersetzen die Pflanzen direct das Wasser, indem sie seinen Wasserstoff assimiliren und seinen Sauerstoff in der Gestalt von Gas ausscheiden; sie hauchen das Sauerstoffgas nur bei unmittelbarer Zersetzung des kohlensauren Gases aus.

[238] Die Pflanzen mit zarten Blättern, welche mit Hülfe von reinem Wasser in einem Gemisch von Sauerstoffgas und Stickgas unter der abwechselnden Einwirkung von Sonne und Nacht vegetiren, führen demselben kein Sauerstoffgas zu und geben äusserlich nicht zu erkennen, dass das Wasser direct zersetzt

*) Um den Cactus zu trocknen, tauchte ich ihn einige Augenblicke lang in kochendes Wasser und setzte ihn darauf der Sonne aus.

wird. Man kann das Sauerstoffgas, welches sie in reinem Stickgas oder unter Wasser von sich geben, nicht der unmittelbaren Zersetzung des Wassers zuschreiben, weil sie jedesmal, wenn sie sich in einem sauerstoffgasfreien Medium befinden, kohlensaures Gas ausschliesslich aus ihrer eigenen Substanz bilden.

Einige fleischige Pflanzen fügen, wenn sie in gewöhnlicher Luft, welche frei von kohlensaurem Gas ist, vegetiren, dieser Atmosphäre eine Menge Sauerstoffgas zu, welche das Mehrfache ihres Volumens übersteigt; dies Gas rührt jedoch, obgleich es ursprünglich dem Wasser angehört haben kann, als letztes Ergebniss nur von der Zersetzung des kohlensauren Gases her, welches sie in der Sonne vollständig aus ihrer eigenen Substanz erzeugen; denn wenn man in ihre Nähe einen Körper bringt, der fähig ist, dies saure Gas zu absorbiren, so führen sie dem Medium, in welchem sie Tag und Nacht vegetiren, kein Sauerstoffgas mehr zu; sie geben kein Anzeichen mehr von einer directen Zersetzung des Wassers, obgleich sie kräftig vegetiren. [239] Die Eigenschaft, welche den fleischigen Pflanzen ausschliesslich zukommt, aus ihrer eigenen Substanz kohlensaures Gas zu bilden, rührt von der geringen Porosität ihrer Epidermis oder von der geringen Berührung, welche ihre inneren Theile mit dem Sauerstoffgas der umgebenden Luft hat, her.

Man kann nicht daran zweifeln, dass der grösste Theil des Wasserstoffs, welchen die einjährigen Pflanzen erwerben, indem sie sich an freier Luft mit Hülfe von destillirtem Wasser entwickeln, aus dieser Flüssigkeit stammt, welche durch sie in feste Substanz verwandelt wird. Dasselbe muss man von dem Sauerstoff des Wassers behaupten; denn man kann theils aus dem kohlensauren Gas, welches diese Pflanzen in einem gegebenen Zeitraum zersetzen können, theils aus der geringen Veränderung, welche durch sie gewöhnliche Luft erfährt, entnehmen, dass die Menge Sauerstoff, welche die Pflanzen aus den atmosphärischen Gasen schöpfen, nicht genügt, um die Menge zu erklären, welche sie in dem kurzen Zeitraum ihrer Entwickelung erlangen. Man darf nicht vergessen, dass bei der Zersetzung der meisten getrockneten Gewächse Wasser am reichlichsten gebildet wird, und dass der Sauerstoff ihr wichtigster Bestandtheil ist.