jetzt nicht künstlich dargestellt werden konnte. Diese Base wurde mit dem Namen *Propylamin* bezeichnet und ihre Zusammensetzung durch die Formel $C_6H_9N = \begin{matrix} C_6H_7 \\ H_2 \end{matrix} \} N$ ausgedrückt. Wertheim hat nun in der letzten Zeit eine vortheilhafte Darstellungsmethode dieser Substanz entdeckt. In grosser Menge erhält man sie bei der Destillation der Hieringslake mit Kali. Das Product der Destillation wird mit Chlorwasserstoffsäure gesättigt, zur Trockne verdampft und der Rückstand mit Alkohol behandelt. Es löst sich chlorwasserstoffsäures Propylamin auf, während als Rückstand Salmiak bleibt. Im reinen Zustande ist dieses Salz in Wasser und Alkohol leicht löslich und sehr zerfliesslich.

Bei seinen fortgesetzten Untersuchungen über das Narcotin entdeckte Wertheim zwei Basen, die sich zu dem Narcotin Blyth's $C_{46}H_{25}NO_{14}$ verhalten, wie das Methylamin und Propylamin zum Aethylamin. Diese Körper sind das *Methylnarcotin* und *Propylnarcotin*. Die erste dieser Basen $C_{44}H_{23}NO_{14}$ giebt beim Behandeln mit Aetzkali Methylamin, die zweite $C_{48}H_{27}NO_{14}$ giebt unter denselben Umständen Propylamin. Wertheim glaubt, dass das Narcotin Blyth's unter der Einwirkung der Alkalien Aethylamin geben wird.

XXXVII.

Untersuchungen über die Vegetation unter dem Wasser lebender Pflanzen.

Von

Cloëz und Gratiolet.*)

(*Ann. d. Chim. et de phys.* XXXII. p. 41.)

Bonnet stellte gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts zahlreiche Versuche über die Bestimmung der Blätter an; er machte unter anderen die Beobachtung, dass die Blätter von

*) Ein kurzer Auszug dieser Arbeit aus dem *Compt. rend.* befindet sich schon in d. *Journ.* LII. p. 275. D. Redact.

Vegetabilien, wenn sie in das Wasser gebracht werden, sich, besonders dem Sonnenlichte ausgesetzt, an ihrer unteren Seite mit Luftblasen bedecken. Diese Beobachtungen führten jedoch nur zu ungenauen Interpretationen über die Natur dieser interessanten Erscheinung; sie blieben unfruchtbar bis zu dem Augenblicke, in welchem Priestley die Entdeckung machte, dass die Pflanzen mit dem Vermögen begabt seien, der durch die Respiration der Thiere oder durch die Verbrennung einer Kerze veränderten Luft ihre ursprüngliche Reinheit zurückzugeben. Diese Beobachtung, welche den Menschen eine der schönsten Harmonien in der Natur enthüllte, wurde mit Enthusiasmus aufgenommen. Diese grosse Entdeckung blieb jedoch bis zu einem gewissen Grade Hypothese. Priestley war nämlich in den Resultaten seiner Versuche auf gewisse Widersprüche gerathen, welche für ihn nicht zu beseitigen waren.

Ingenhouss, ein Bewunderer der Entdeckungen Priestley's unternahm es, das Paradoxon zu beseitigen; er stellte zahlreiche Versuche an, in welchen er gewissermaassen Bonnet mit Priestley zu vereinigen suchte. Auf diese Weise gelang es ihm nachzuweisen, dass die von Priestley entdeckte reinigende Eigenschaft nur den grünen Theilen der Pflanzen angehöre und nur unter dem Einflusse des Sonnenlichtes erfolge. Er nahm ausserdem an, dass die Pflanzen, wenn sie nicht unter diesen Bedingungen stehen, die Luft nicht nur nicht verbessern, sondern vielmehr verschlechtern.

Zur Vervollständigung dieser schönen Untersuchungen erschien es nothwendig zu untersuchen, vermittelt welcher geheimnissvollen Prozesse diese Phänomene vor sich gehen; es blieb zu erforschen, ob die dem Sonnenlichte ausgesetzten Pflanzen aus der veränderten Luft etwas aufnehmen oder an dieselbe etwas abgeben. Senebier unternahm es, dieses Problem zu lösen; er wies durch zahlreiche Versuche nach, dass die grünen Pflanzentheile die durch die Verbrennung einer Kerze oder durch die Respiration der Thiere verunreinigte Luft dadurch verbesserten, dass sie aus derselben Kohlensäure aufnehmen und dafür Sauerstoff abgeben. Die Natur des Phänomens war also erklärt. Noch blieb aber zu untersuchen übrig, in welcher Beziehung dieses Phänomen zu den Lebensfunctionen der Pflanze stünde. Th. v. Saussure versuchte zu bestimmen, welche Beziehung

zwischen dem Volumen des absorbirten Kohlensäuregases und dem des abgegebenen Sauerstoffs stattfindet; bei den Versuchen dieses Physikers war das Volumen des entwickelten Sauerstoffs stets kleiner als das der absorbirten Kohlensäure; der Antheil des in der Pflanze zurückgehaltenen Sauerstoffs war aber in dem ausgeathmeten Product durch ein fast gleiches Volumen Stickgas ersetzt.

Die Resultate der Versuche Saussure's veranlassten diesen Physiker zu der Annahme, dass aller entwickelte Sauerstoff von der absorbirten Kohlensäure herrühre, dass aber ein Theil des Sauerstoffs diese Säure von der Pflanze assimilirt werde. Saussure nahm ferner an, dass constant Stickstoff ausgehaucht werde und dass dieser Stickstoff von der Pflanzensubstanz herrühre.

Es geht aus dem Vorstehenden hervor, dass Saussure in der Geschichte dieser Erscheinung dem Wasser keine Betheiligung zuschrieb. Boussingault war der erste, welcher dieses Element in die Discussion der Frage einführte.

Den Ansichten dieses Chemikers zufolge kann der durch die Pflanze ausgegebene Sauerstoff durch die gemeinschaftliche Zersetzung der Kohlensäure und des Wassers entstehen. Boussingault hat ferner durch genaue Versuche nachgewiesen, dass gewisse Pflanzen und namentlich gewisse Leguminosen aus der Atmosphäre einen Theil Stickstoff aufnehmen und assimiliren können.

Die Ernährung der Pflanzen ist sicher einer der interessantesten Punkte ihrer Geschichte. Das Studium der Untersuchungen, die wir im Vorstehenden in der Kürze angeführt haben, veranlasste uns, einige der angestellten Versuche zu wiederholen. Als wir im Laufe unserer Versuche einige unter dem Wasser lebende Pflanzen in natürlichem Wasser, das Kohlensäure gelöst enthielt, dem Sonnenlichte aussetzten, bemerkten wir nicht ohne Erstaunen, dass diese Pflanzen unter dem Einflusse des Sonnenlichtes eine bedeutende Menge Sauerstoff entwickelten. Diese Sauerstoffentwicklung, welche bei den in der Luft lebenden Pflanzen fast unmerklich ist und nur durch die Analyse nachgewiesen werden kann, ist hier sehr deutlich zu bemerken. Die verschiedenen Phasen liessen sich leicht verfolgen, das Auge nahm die geringsten Zufälle wahr und ein Irrthum war nicht

möglich, da sich bei unseren Versuchen gesunde Pflanzen in den normalen Bedingungen ihrer Existenz befanden. Diese Pflanzen verschafften uns also eine Gelegenheit, mit der grössten Wahrscheinlichkeit eines genauen Resultates die merkwürdigen Versuche von Bonnet, Priestley, Ingenhous, Senebier und Saussure zu wiederholen. Wir stellten diese Versuche im Museum d'histoire naturelle in dem Laboratorium Chevreuls und unter dessen Leitung an.

Wie es häufig bei dieser Art von Versuchen vorkommt, aus den zuerst aufgestellten Fragen entstehen neue und der Horizont erweitert sich dem Auge des Forschers immer mehr und mehr. Daher ist es denn auch bei unseren Versuchen gekommen, dass dieselben noch keineswegs beendigt sind. Im Laufe der Untersuchung haben wir aber einige Beobachtungen gemacht, welche der Beachtung der Physiologen werth zu sein scheinen; wir stehen daher nicht an, dieselben zu veröffentlichen.

Wenn man einige Blätter einer unter dem Wasser lebenden Pflanze wie von *Potamogeton* oder *Najas* z. B. in einem langen Probirglase, das mit Kohlensäure gesättigtes Wasser enthält, umgekehrt in ein Gefäss mit Wasser stellt, und den Apparat dem Sonnenlichte aussetzt, so sieht man augenblicklich von der Oberfläche der Blätter eine grosse Menge von kleinen Bläschen sich entwickeln, die aus fast reinem Sauerstoffgase bestehen. Dieser Apparat ist so einfach und bequem, dass man vermittelst desselben die Erscheinung der Reduction der Kohlensäure durch die grünen Pflanzentheile leicht zeigen kann; er ist aber nicht genügend, wenn man mit Genauigkeit die verschiedenen Umstände, unter denen die Erscheinung vor sich geht, ersuchen will.

Der von uns zu den meisten unserer Versuche angewendete Apparat zeigt grosse Vortheile, obgleich er ebenfalls sehr einfach ist. Er besteht aus einer Flasche von weissem Glase von 4—10 Liter Capacität, das sorgfältig durch einen zweimal durchbohrten Kork, durch welchen zwei Röhren gehen, verschlossen ist. Die eine dieser Röhren ist gerade und geht bis auf den Boden des Gefässes, sie dient zur Erneuerung der Flüssigkeit in dem Innern des Gefässes.

Die zweite Röhre ist gebogen und wird zum Auffangen des Gases benutzt; ihr in die Flasche reichendes Ende mündet in

die Spitze eines in die untere Fläche des Korkes eingeschnittenen Hohlkegels.

Diese Vorrichtung hat zum Zweck, die kleinsten Mengen des ausgegebenen Gases zu bestimmen, das man dadurch ausreibt, dass man etwas Wasser in die zweite Röhre giesst.

Mit dem so vorgerichteten Apparat stellten wir einen vorläufigen Versuch an, dessen Resultate den Beweis liefern können, mit welcher Schnelligkeit Wasserpflanzen Kohlensäure zu zersetzen im Stande sind.

Den 3. September 1848 bei schönem Wetter, als das Thermometer 21° im Schatten zeigte, stellten wir mit sechs Stengeln des *Potamogeton perfoliatum*, die denselben Tag in der Seine gesammelt und in Wasser aufbewahrt worden waren, Versuche an. Die Totallänge dieser Stengel betrug 3,45 Meter; sie hatten 143 Blätter und nahmen ein Volumen von 160 Kubikcentimetern ein.

Diese Stengel wurden in ein Gefäss gebracht, das sechs Liter gewöhnliches, mit Kohlensäure gesättigtes Gas enthielt. Der Apparat wurde, nachdem er wie oben vorgerichtet worden war, dem Sonnenlichte ausgesetzt. Die Zersetzung fing sogleich an und wir sahen eine unzählige Menge kleiner Bläschen nach dem oberen Theil des Gefässes steigen, welche durch das Entwicklungrohr entwichen. Der Versuch wurde fünf Stunden lang denselben Tag und einen Theil des folgenden Tages fortgesetzt. Das Wasser im Gefäss wurde im Anfange des nächstfolgenden Tages erneuert.

Das von den Stengeln ausgebene Gas wurde aufgefangen. In dem Maasse, als die Probirgläser sich anfüllten, wurde das in ihnen enthaltene Gas in eine grosse graduirte Glocke geleitet. Nach Beendigung des Versuches, der ungefähr zehn Stunden währte, betrug das Volumen des ausgegebenen Gases bei 15° Temperatur und 761 Millimeter Barometerstand 2,35 Liter, was ungefähr das Fünfzehnfache vom Volumen der dem Versuche unterworfenen Pflanze ausmacht.

Das bei diesem Versuche erhaltene Gas hatte alle Eigenschaften des Sauerstoffs; es enthielt jedoch eine gewisse Menge Stickstoff beigemengt und ausserdem etwas Kohlensäure. Behufs der Analyse brachten wir ein bestimmtes Volumen in eine Röhre,

welche eine concentrirte Kalilösung enthielt. Nachdem die Kohlensäure absorbirt war, wurde der Gasrückstand mit Kupferblech zusammengebracht, das sich in mit einer gleichen Menge Wasser verdünnter Chlorwasserstoffsäure befand. Nach Verlauf einiger Stunden war aller Sauerstoff absorbirt; um aber sicher zu sein, dass die Absorption vollständig vor sich gegangen sei, warteten wir 12 Stunden, ehe wir das Volumen des zurückgebliebenen Gases bestimmten, das nur aus reinem Stickstoff bestand.

Nach dieser für unseren Zweck hinlänglich genauen Methode, fanden wir, dass 100 Theile des von der Pflanze ausgegebenen Gasgemenges folgende Gase enthielten:

Sauerstoff	87,500
Stickstoff	11,25
Kohlensäure	1,25
	<hr/> 100,00

Dieser vorläufige, öfters und zwar immer mit ähnlichen Resultaten wiederholte Versuch enthüllte uns mehrere constante Thatsachen, nämlich: 1) den Einfluss der Intensität des Lichtes; 2) den Einfluss der Temperatur, und 3) die Bildung eines Gasgemenges, dessen Quelle aufgefunden werden musste. Wir wurden 4) veranlasst, den Einfluss der umgebenden Mittel auf die Bildung dieses Phänomens zu ermitteln. Aus diesen Thatsachen entstehen einige Fundamentalfragen, welche wir nach einander zu lösen versuchen wollen.

Einfluss des Lichtes.

Der Einfluss der Intensität des Sonnenlichtes auf die Zersetzung der Kohlensäure war schon bei unseren ersten Versuchen deutlich zu bemerken; der Schatten einer kleinen Wolke, die über die Sonne hinwegzieht, ist hinreichend, um die Gasentwicklung zu schwächen; nachdem die Wolke verschwunden ist, tritt die Entwicklung plötzlich wieder mit der früheren Stärke ein. Wir versuchten dieser Beobachtung durch einen Versuch grössere Schärfe zu geben, der darin besteht, die Einwirkung des directen Sonnenlichtes mittelst eines Schirmes zu unterbrechen. Die Entwicklung lässt alsbald nach und verschwindet fast gänzlich; dieser Uebergang ist um so mehr markirt, je brennender die Sonne und je reiner der Himmel ist. Sobald der Schirm entfernt wird, nimmt die Gasentwicklung ihre frühere Stärke an; die Einwirkung des Sonnenlichtes ist demnach eine fast augenblickliche.

Die Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen hört im zerstreuten Lichte nicht vollständig auf, sie wird nur schwächer. In der vollkommenen Dunkelheit geht sie nicht vor sich.

Die Resultate, welche wir mit Pflanzen im Dunkeln erhielten, stimmen nicht mit denen der Versuche von Ingenhouss überein. Gewöhnlich nimmt man an, dass die Pflanzen im Dunkeln Kohlensäure ausathmen und dadurch die Luft verunreinigen.

Unsere mit Wasserpflanzen angestellten Versuche führten aber zu einem durchaus entgegengesetzten Resultate.

Diese Versuche sind leicht zu wiederholen. Unsere Apparate bestanden in Glasgefäßen von 4 Litern Capacität, deren Mündung sehr genau geschliffen war, damit ein Glasstöpsel vollkommen schloss. Diese Gefäße waren mit lufthaltigem destillirten Wasser angefüllt, enthielten aber keine Kohlensäure. Die zu den Versuchen bestimmten Pflanzen wurden sorgfältig mit Wasser gewaschen und darauf in die Gefäße gebracht; letztere sodann mit dem gefetteten Glasstöpsel verschlossen.

Wir unterwarfen fünf verschiedene Pflanzen zu gleicher Zeit dem Versuche, nämlich: *Potamogeton perfoliatum*, *Potamogeton crispum*, *Ceratophyllum submersum*, *Myriophyllum spicatum* und endlich *Najas maxima*.

Nachdem die Apparate so vorgerichtet waren, wurden die Glasgefäße an einen vollkommen finstern Ort gebracht; nach Verlauf von vierundzwanzig Stunden wurde das Wasser in einem jeden der Glasgefäße vermittelst Barytwasser geprüft und nicht die geringste Spur von Kohlensäure gefunden.

Die Apparate blieben noch acht Tage lang im Dunkeln; der Versuch wurde gegen Ende Juli 1848, bei einer mittleren Temperatur von 17—18°, d. h. bei einer Temperatur, welche für die Vegetation der Pflanzen sehr günstig ist, angestellt. Jeden Tag wurde das Wasser in den Gefäßen auf Kohlensäure geprüft, aber nicht die geringste Menge derselben gefunden.

Es war demnach bewiesen, dass die Wasserpflanzen im Dunkeln keine Kohlensäure abgeben. Nimmt man die Genauigkeit der Versuche von Ingenhouss und von Saussure an, die wohl nicht zu bezweifeln ist, so finden wir zwischen den Resultaten dieser Versuche und den unsrigen Widersprüche, welche durch weitere Versuche jedoch zum Verschwinden ge-

bracht werden können. Es ist in der That wahrscheinlich, dass die im Dunkeln von den in der Luft lebenden Pflanzen ausgehende Kohlensäure, nicht direct durch einen Act entsteht, welcher der Respiration der Thiere ähnlich ist, durch eine Verbrennung des Kohlenstoffs der Pflanze durch Sauerstoff, sondern dass dieselbe vielmehr aus den von der Pflanze absorbirten Flüssigkeiten herrühre; mag nun die Pflanze fortwährend aus dem Boden kohlensäurehaltiges Wasser aufnehmen, oder mag sie, nachdem sie aus dem Boden entfernt worden ist, in ihren Zellen eine grosse Menge mit Kohlensäure gesättigtes Wasser enthalten, welche sich durch die Absorption eines neuen Gases, wie diese bei einigen Versuchen S a u s s u r e's stets zu finden war, entwickelt.

Im Dunkeln entwickeln demnach die Wasserpflanzen mit lufthaltigem Wasser zusammengebracht, keine Kohlensäure. Im Sonnenlichte entwickeln dieselben Pflanzen eine grosse Menge Sauerstoff, die je nach der Intensität des Lichtes und der Quantität der im Wasser gelösten Kohlensäure mehr oder weniger rein ist.

Nachdem wir nun die Einwirkung des Lichtes in Bezug auf seine Intensität hinlänglich geprüft hatten, erschien es uns von Interesse, vergleichungsweise den Einfluss des Lichtes, das durch verschieden gefärbte Gläser gegangen war, zu untersuchen. Zu diesem Zwecke brachten wir die Apparate, welche die Pflanzen enthielten, unter Glaskästen. Der eine derselben bestand aus ungefärbtem Glase, der zweite aus mattgeschliffenem Glase, der dritte aus hellgelb gefärbtem Glase, der vierte aus Glas, das durch Kupferoxydul roth gefärbt war, der fünfte aus grünem und der sechste aus blauem Glase. Die zu unseren Versuchen angewendeten Glasgefässe hatten zwei Liter Capacität und waren mit gewöhnlichem Wasser angefüllt, das ungefähr die Hälfte seines Volumens an Kohlensäure enthielt.

Wir brachten in jedes Gefäss dieselbe Anzahl gleichkräftige Blätter, welche in Summe dieselbe Oberfläche darboten. Wir wählten deshalb einen Stengel von *Potamogeton perfoliatum*, der ungefähr zwanzig Blätter hatte, schnitten den oberen und den unteren Theil der Pflanze ab, an denen die Blätter ungleich gross sind und nahmen nur den mittleren Theil, an welchem die Blätter ziemlich gleiche Oberfläche haben: wir nahmen zwölf

solcher Theile und zerschnitten sie auf die Weise, dass jedes Blatt an einem Stengelabschnitt von 0,02 Meter Länge sass und brachten in eine jede der sechs Flaschen ein Blatt von jedem Stengel.

Jedes Gefäss enthielt also im Ganzen zwölf Blätter, und diese Blätter gehörten zugleich allen angewandten Stengeln an. Diese Vorsichtsmaassregeln waren unerlässlich, da wir kein anderes ausführbares Mittel kannten, um die Oberfläche und die vitale Beschaffenheit der angewandten Pflanzen möglichst gleichmässig zu machen. Jedes Glasgefäss wurde darauf mit einem mit zwei Röhren versehenen Kork verschlossen; die eine Röhre war so weit, dass ein Weingeist-Thermometer hineingebracht werden konnte; sie ging bis auf den Boden des Gefässes. Die zweite Röhre war mit Wasser gefüllt und so gebogen, dass das entwickelte Gas unten in ein mit Wasser angefülltes Probirglas geleitet werden konnte. Auf dem Wasser in der zweiten Röhre befand sich eine Schicht Olivenöl.

Die so vorgerichteten Apparate wurden unter die Glaskästen gebracht und dem Sonnenlichte ausgesetzt. Nach Verlauf von zwei bis drei Stunden wurde der Versuch unterbrochen und die Temperatur, welche das Thermometer in einem jeden Gefässe angab, notirt. Darauf wurde das Gas in das Probirglas dadurch geleitet, dass durch die zweite Röhre Wasser in den Apparat gegossen wurde. Das Volumen dieses Gases wurde unter Berücksichtigung der Temperatur und des Luftdruckes genau bestimmt.

Es blieb uns nur noch die Analyse dieses Gases übrig; zu diesem Zwecke liessen wir die Kohlensäure durch Aetzkali und den Sauerstoff durch Kupferblech bei Gegenwart von verdünnter Chlorwasserstoffsäure absorbiren.

Nachstehende Tabelle

enthält die numerischen Resultate, die wir bei drei zu verschiedener Zeit angestellten Versuchen erhielten.

Dauer des Versuches.	Natur des Glases.	Temperatur	Volumen	Zusammensetzung			Zusammensetzung			
		des Wassers in Glaseglass.	des aufgelangenen Gases bei 0° u. 766 Millimeter.	des Gases in 100 Volumen- theilen.	CO ₂	O	N	nach Abzug d. Kohlensäure in 100 Volumtheilen.	O	N
Den 29. Juli 1849 von 10 Uhr 45 Minuten bis 2 Uhr.	Farbloses mattes Glas	30,75°	49	20,41	59,08	20,41	74,37	25,63		
	Gelbes Glas	31,0°	45	17,77	60,00	22,22	72,97	27,03		
	Farbloses durchsicht. Glas	34,50°	30	23,33	48,34	28,33	63,05	36,95		
	Roths Glas	30,75°	22	20,45	43,19	36,36	54,28	45,72		
	Grünes " "	31,0° 29,5°	19 16	18,43 15,63	42,10 37,50	39,47 46,87	51,61 45,62	48,39 54,38		
Den 2. August 1849 von 10 Uhr 15 Minuten bis 2 Uhr.	Farbloses mattes Glas	35,00°	62	14,53	66,12	14,53	77,36	22,64		
	Gelbes Glas	35,50°	56	12,50	66,07	21,43	75,52	24,48		
	Farbl. durchsichtiges Glas	42,0°	35	15,71	57,15	27,14	67,80	32,20		
	Roths Glas	34,0°	24	16,66	43,75	39,59	52,50	47,50		
	Grünes " "	34,7° 32,2°	22 15	15,91 13,33	43,18 40,00	40,91 56,67	51,56 46,16	48,64 53,84		
Den 6. August 1849 von 12 bis 3 Uhr 30 Minuten.	Farbloses mattes Glas	35,8°	110	10,91	70,00	10,09	78,58	21,42		
	Gelbes Glas	37,0°	95	10,52	69,47	20,01	77,65	22,35		
	Farbl. durchsichtiges Glas	44,6°	86	10,46	54,65	34,89	61,04	38,96		
	Roths Glas	34,5°	43	13,95	48,84	37,21	56,75	43,25		
	Grünes " "	36,2° 33,5°	30 23	16,66 17,39	43,34 34,78	40,00 47,83	52,00 42,10	48,00 57,900		

Die beiden letzten Spalten dieser Tabelle geben die Zusammensetzung in 100 Theilen des ausgegebenen Gases nach Abzug der Kohlensäure. Wenn man die Zahlen dieser Spalten mit denen vergleicht, welche das Volumen des aufgefangenen Gases ausdrücken, so findet man, dass das in derselben Zeit und für dieselbe Quantität der Pflanze entwickelte Gas von verschiedener Zusammensetzung ist, und dass es um so mehr Sauerstoff enthält, je lebhafter die Reduction der Kohlensäure in den Pflanzen sich zeigt.

Die Zahlen, welche die Volumen des aufgefangenen Gases ausdrücken, geben gewissermaassen den Grad des Einflusses der gefärbten Gläser auf die Lebhaftigkeit des Phänomens an; sie zeigen, dass das Maximum der Einwirkung bei dem mattgeschliffenen ungefärbten Glase stattfindet; nach diesem kommt das gelbe, dann das farblose durchsichtige, das rothe, das grüne Glas, und zuletzt das blaue Glas.

Es könnte nun die Frage entstehen, ob die Temperatur nicht den wesentlichsten Antheil an den eben angeführten Resultaten gehabt hätte. Vergleicht man die Zahlen der dritten Spalte mit denen der vierten, so wird man sich überzeugen, dass dem nicht so ist, denn das Gefäss, das sich unter dem farblosen durchsichtigen Glase befindet, war bei unseren Versuchen stets um einige Grad wärmer, als selbst das Thermometer unter dem mattgeschliffenen Glase anzeigte und doch war das Volumen des aufgefangenen Gases unter dem letzteren Glase grösser als unter dem ersteren.

Man sieht leicht ein, dass, wenn man diese Untersuchungen auf die Luftpflanzen ausdehnt, man aus unseren Versuchen allgemeine Grundsätze für die Construction der Gewächshäuser wird aufstellen können.

Wir können uns jedoch nicht verhehlen, dass diese Versuche nur eine Seite der Frage zu lösen im Stande sind, nämlich die practische Seite; wir hätten derselben gern eine grössere Schärfe dadurch gegeben, dass wir unsere Pflanzen unter den Strahlen des Sonnenspectrums selbst wachsen liessen; wir mussten aber diese Idee wegen der bedeutenden Kosten, welche die Construction eines passenden Apparates verursacht hätte, aufgeben.

Einfluss der Temperatur.

Bonnet schrieb die von den Blättern ausgehende Gasentwicklung der durch die Sonnenstrahlen bewirkten Temperaturerhöhung zu. Unsere Versuche wie die unserer Vorgänger zeigen, dass eine solche Idee eine irrige ist. Nachdem wir aber den Einfluss des Lichtes auf die in Rede stehende Erscheinung nachgewiesen hatten, blieb uns noch der Einfluss der Temperatur zu ermitteln übrig.

Zu diesem Zwecke brachten wir die Apparate, in welchen sich die Pflanzen in kohlenensäurehaltigem Wasser befanden, in ein grosses Glasgefäss, das mit Wasser angefüllt war. In diesem Wasser, zu dem etwas Eis gesetzt wurde, konnten sich die Pflanzen leicht abkühlen. Ein Thermometer ging durch den Kork des Apparates und war dazu bestimmt, die geringsten Variationen der Temperatur anzugeben.

Durch Modification der Einwirkung des Eises war es uns leicht, abwechselnd den Einfluss der gesteigerten Temperatur und den Einfluss des Sinkens derselben zu ermitteln.

1. Steigende Temperatur.

Unsere Apparate wurden den 27. August 1848 in die Sonne gestellt; das Wasser der Gefässe war, ehe es dem Lichte ausgesetzt wurde, erst auf die Temperatur von $+4^{\circ}$ gebracht worden.

Die Gasentwicklung war anfänglich null. Als die Temperatur des Wassers der Apparate sich allmählich steigerte, erschienen bei 15° einige Blasen. Die anfänglich sehr schwache Entwicklung wurde immer stärker, je höher die Temperatur sich steigerte und schien bei 30° ihr Maximum erreicht zu haben.

Dieser Versuch wurde mehrere Male wiederholt und wir erhielten die Ueberzeugung, dass die Gasentwicklung nicht unter einer gewissen Temperatur beginnt.

2. Abnehmende Temperatur.

Wir brachten das Wasser in den Apparaten auf 30° und erniedrigten darauf die Temperatur durch Zusatz von Eis. Die Gasentwicklung trat sogleich ein, liess aber allmählich nach. Wir bemerkten jedoch mit Erstaunen, dass die Gasentwicklung bei 15° immer noch mit einer gewissen Lebhaftigkeit fortwirkte und erst bei 10° vollständig beendigt war.

Diese Versuche lassen sich im Folgenden zusammenfassen. Die Zersetzung der Kohlensäure durch die dem Sonnenlichte ausgesetzten Wasserpflanzen beginnt in einem Mittel, dessen Temperatur sich von $+4^{\circ}$ steigerte, nicht unter 15° und scheint bei 30° ihr Maximum zu erreichen; dieselbe Zersetzung geht in einem Mittel, dessen Temperatur von 30° abnimmt, noch bei $14, 13, 12$ und 11° vor sich und hört bei 10° auf.

Dieses Factum ist für die Physiologie von grosser Wichtigkeit, wenn man es zu den Beobachtungen Chevreul's über die Circulation und das Aufsteigen des Saftes in den Pflanzen in Beziehung bringt. Dieser Chemiker zog aus seinen Versuchen folgenden Schluss: Sobald durch äussere Ursachen die Bewegung des Saftes in den Pflanzen begonnen hat, fahren die Säfte fort, ungeachtet einer Abnahme der atmosphärischen Temperatur, sich noch eine Zeit lang zu bewegen, nach Verlauf welcher, wenn die äusseren Umstände nicht günstiger für die Vegetation werden, die Bewegung schwächer wird, bis sie, nachdem die ungünstigen Umstände entfernt worden sind, von Neuem beginnt (*Journ. des Savants, Mai 1822 p. 302*).

Wir können hier nicht den Widerspruch mit Stillschweigen übergehen, der zwischen unseren Beobachtungen und einem von Liebig in seiner organischen Chemie angegebenen Factum zu bestehen scheint; dieser Chemiker giebt an, dass während des Winters die grünen Theile der Wasserpflanzen, die sich unter dem Eis befinden, fortwährend reines Sauerstoffgas entwickeln, wenn sie von den Sonnenstrahlen getroffen werden. Wir versuchten während des Winters 1849 mehrere Male diese Beobachtung zu erneuern, doch stets ohne Erfolg. Wir beabsichtigen nicht, die Richtigkeit der von Liebig angegebenen Thatsache in Zweifel zu ziehen, sondern wir glauben, dass über diesen Gegenstand noch Dunkel existirt, das nur durch neue Untersuchungen und neue Beobachtungen zum Verschwinden gebracht werden kann.

Einfluss der Zusammensetzung des umgebenden Mittels.

Die Kohlensäure ist augenscheinlich die hauptsächlichste und unerlässlichste Bedingung für die Erzeugung des Sauerstoffs durch die Pflanzen. Um die Natur des Phänomens besser studiren zu können, mussten wir dasselbe unter vier verschiedenen Bedingungen

untersuchen, 1) in natürlichem Flusswasser, in welchem ausser Kohlensäure, noch Gase und Salze gelöst sind; 2) in Flusswasser, aus welchem durch Kochen die Gase ausgetrieben worden sind, das aber noch die Salze enthält und zu welchem man Kohlensäure gesetzt hat; 3) in lufthaltigem destillirten Wasser, zu welchem man etwas Kohlensäure gesetzt hat; 4) in luftfreiem destillirten Wasser, zu welchem etwas Kohlensäure gesetzt worden ist und das folglich weder atmosphärische Luft noch Salze enthält.

Resultate der Vegetation von Wasserpflanzen in fortwährend erneuertem gewöhnlichen Wasser.

Unsere Versuche wurden mit dem schon beschriebenen Apparate angestellt, durch welchen unaufhörlich ein Strom gewöhnlichen Wassers lief. Um Irrthümer zu vermeiden, die durch die Luftblasen, welche durch den Strom in den Apparat geführt werden, entstehen könnten, brachten wir zwischen dem Apparat und dem Reservoir, in welchem sich das Wasser befand, eine zweimal tubulirte Flasche an, die bis auf ein Fünftel mit Wasser angefüllt war. Eine Röhre, die ungefähr 10 Centimeter unter die Oberfläche des Wassers ging, verband das Glasgefäss mit dem Reservoir; eine zweite Röhre, die bis auf den Boden des Gefässes ging, verband letztern mit dem Apparat, in welchem sich die Pflanzen befanden. Mit Hülfe dieser Vorrichtung wurden die Gasblasen, welche durch die erste Röhre mit fortgerissen worden waren, in dem oberen Theile des Gefässes zurückgehalten und nur das Wasser konnte durch die zweite Röhre in den übrigen Apparat gelangen.

Nachdem die Pflanzen unter diese Bedingungen gebracht worden waren, wurde der Versuch sechs Wochen lang mit drei Arten von Pflanzen, nämlich mit *Potamogeton perfoliatum*, *Potamogeton lucens* und *Najas maxima* fortgesetzt. Nach Verlauf dieser Zeit fanden sich die Pflanzen vollkommen gesund und lebenskräftig; sie waren fast eben so gut gewachsen, als wenn sie unter dem Wasser, in welchem sie natürlich leben, durch die Wurzeln am Boden befestigt gewesen wären.

In der ersten Zeit wurde das entwickelte Gas aufgefangen und jeden Tag analysirt; das Volumen und die Zusammensetzung des so erzeugten Gasgemenges waren je nach der Intensität

des Lichtes, je nachdem der Himmel rein oder nicht rein und mehr oder weniger nebelig war, für alle dem Versuch unterworfenen Pflanzen veränderlich. Ein constantes Factum liess sich jedoch nachweisen, dass nämlich die Quantität des in einer gleichen Zeit entwickelten Gases um so grösser und um so reicher an Sauerstoff ist, je lebhafter das Licht war. Es geht diess aus den in folgender Tabelle zusammengestellten Analysen hervor:

Name der Pflanzen.	Zeit des Versuches, in welcher das Gas aufgefangen wurde.	Volumen des aufgefangenen Gases.	100 Theile Gas enthalten dem Volumen nach:	
			Sauerstoff.	Stickstoff.
Najas maxima	1 Tag	138 Kubikcent.	37,68	62,32
	2 —	127 —	36,85	63,15
	5 —	63 —	27,74	72,26
	6 —	116 —	32,65	67,35
	8 —	102 —	31,00	69,00
Potamogeton lucens	1 —	82 —	28,60	71,40
	2 —	74 —	27,28	72,72
	5 —	45 —	26,40	73,60
	6 —	76 —	28,72	71,28
	8 —	61 —	27,30	72,70
Potamogeton perfoliatum	1 —	107 —	36,21	63,79
	2 —	96 —	33,40	66,60
	5 —	54 —	27,00	73,00
	6 —	82 —	29,70	70,30
	8 —	69 —	28,34	71,66

Diese Tabelle zeigt, dass die relative Menge des durch die Pflanze ausgeschiedenen Stickstoffs sehr gross sein kann; die von uns angestellten Versuche konnten uns aber über die Quelle dieses Gases keinen Aufschluss geben. Diese wichtige Frage war der Gegenstand der folgenden Untersuchungen.

Resultate der Vegetation von Wasserpflanzen in natürlichem durch Sieden von der Luft befreiten, aber mit etwas Kohlensäure imprägnirten Wasser.

Das von der Luft befreite Wasser, das zu unseren Versuchen benutzt wurde, enthielt auf 8 Liter ungefähr 25 Centiliter Kohlensäuregas; das Gas wurde in dem Maase erneuert, als sich Sauerstoff entwickelte, so dass das Wasser ungefähr stets dieselbe Menge Kohlensäure enthielt. Zu diesem Zwecke setzten wir von Zeit zu Zeit eine gewisse Menge von Luft befreiten Wassers hinzu, das eine im Voraus bestimmte Menge Kohlensäure enthielt.

Den 30. Juli 1849 brachten wir in Gefässe, welche mit diesem so vorbereiteten Wasser angefüllt waren, acht Stengel von *Potamogeton perfoliatum*, welche zusammen eine Länge von 4,80 Meter hatten und 184 Kubikcentimeter Wasser verdrängten.

Den ersten und den zweiten Tag ging die Gasentwicklung, obgleich der Himmel bedeckt war, ziemlich rasch. Den dritten Tag wurde das Wetter schön und die Gasentwicklung sehr intensiv; die folgenden Tage aber liess die Gasentwicklung, obgleich das Wetter gleich schön blieb, nach und wurde endlich den achten Tag unmerklich. Nach Ablauf dieser Zeit hatte die Intensität der grünen Farbe der Blätter bedeutend abgenommen; einige Theile der Blätter schienen selbst vollständig entfärbt zu sein.

Das Volumen des jeden Tag aufgefangenen Gasgemenges ist in der zweiten Spalte der nachstehenden Tabelle angegeben; die dritte und vierte Spalte enthalten die Verhältnisse von Sauerstoff und Stickstoff in 100 Volumentheilen des Gasgemenges. Die letzte Spalte giebt die Totalmenge des ausgegebenen Stickstoffs an.

		Aufgefangenes Volumen	Zusammensetzung		Totalvolumen
		in Kubikcentimetern bei 0° u. 76° Millim.	in 100 Theilen	des	Stickstoffs
Erster	Tag	348	84,30	15,70	54,6 Kubikcent.
Zweiter	—	569	86,21	13,79	78,4 —
Dritter	—	624	88,00	12,00	74,8 —
Vierter	—	315	89,74	10,26	32,3 —
Fünfter	—	226	90,47	9,53	21,5 —
Sechster	—	162	92,85	8,15	13,1 —
Siebenter	—	120	95,66	4,34	5,2 —
Achter	—	86	97,10	2,90	2,5 —
Totalmenge					282,4 Kubikcent.

Diese Analysen zeigen also 1) dass die relative Menge des in dem ausgegebenen Gasgemenge enthaltenen Sauerstoffs sich immer mehr und mehr vergrößert, so dass gegen das Ende des Versuches das aufgefangene Gas fast reiner Sauerstoff ist; 2) dass das Gesamtvolumen des in den verschiedenen, nach einander aufgefangenen Gasgemengen weit grösser als das Volumen der Pflanze ist.

Bei unseren Versuchen konnte dieses Gas nicht von dem Wasser herrühren, da dasselbe keinen Stickstoff enthielt; es musste folglich durch die Pflanze selbst erzeugt worden sein; die Pflanze enthielt daher entweder condensirten Stickstoff oder der erzeugte Stickstoff rührte von der Zersetzung der Pflanzensubstanz selbst her.

Um diese beiden Fragen zu lösen, versuchten wir zuerst die Menge des im normalen Zustande in den Pflanzen frei enthaltenen Stickstoffs zu bestimmen. Zu diesem Behufe brachten wir in einen Ballon, der mit Kochsalz gesättigtes Wasser enthielt, acht frische Stengel von Potamogeton, welche zusammen ein Volumen von 196 Kubikcentimetern einnahmen. Mit Hilfe eines Korkes wurde mit dem Ballon eine Entwicklungsröhre verbunden, die gleichfalls mit Salzlösung angefüllt war, und unter eine graduirte Röhre führte, die mit Wasser gefüllt war, auf dessen Oberfläche sich eine kleine Quantität Olivenöl befand.

Das Volumen des durch die Einwirkung der Wärme entwickelten Gases betrug bei 15° und bei 761 Millimetern 59 Kubikcentimeter. Wir analysirten dieses Gas und fanden es in 100 Theilen zusammengesetzt:

Kohlensäure	42,50
Stickstoff	57,50
	<hr/> 100,00

Diess entspricht ungefähr 33 Kubikcentimetern Stickstoff und ungefähr $\frac{1}{6}$ von dem Volumen der Pflanze.

Da das Volumen des Stickstoffs weit kleiner als das der Pflanze war, so lässt sich nicht annehmen, dass das Gas in dem Zwischenraume der Stengel die Quelle der grossen, bei den vorstehenden Versuchen erhaltenen Menge Stickstoff sei. Wir mussten dieselbe anderswo suchen. Zu diesem Zwecke stellten wir folgenden Versuch an.

Zwanzig Stengel von *Potamogeton perfoliatum* von gleicher Ueppigkeit und von fast gleicher Grösse, wurden von demselben Orte in der Seine gesammelt. Nachdem sie mit destillirtem Wasser gewaschen worden waren, wurden sie in zwei Theile getheilt. Zehn Stengel wurden sogleich bei einer Temperatur von 120° getrocknet, in Pulver verwandelt und in einem verschlossenen Gefässe aufbewahrt. Die zehn anderen Stengel wurden in die Apparate gebracht, welche luftreies und mit Kohlensäure imprägnirtes Wasser in dem oben angegebenen Verhältnisse enthielten. Nach Verlauf von sechs Tagen liess die Gasentwicklung nach; die Pflauzen wurden aus den Gefässen genommen, mit derselben Vorsicht getrocknet, wie die ersteren und sodann gepulvert. Als das entwickelte Gas gemessen werden sollte, geschah ein Unfall mit der Glasglocke, so dass ein bedeutender Verlust des Gases stattfand. Glücklicherweise war das Messen des Gases nicht absolut nothwendig.

Um die Menge des in dem Pulver der Pflanze enthaltenen Stickstoffs zu erfahren, wurde das gewöhnliche Verfahren der Elementaranalyse angewendet.

Pflanze, welche unmittelbar nach dem Herausnehmen aus der Seine getrocknet worden war.

0,753 Gr. gepulverte und bei 110° getrocknete Pflanzen hinterliessen nach dem Einäschern in einer Platinschale 0,115 Gr. Rückstand, entsprechend 15,28 p. C.

1,442 Gr. derselben Pflanze gaben beim Verbrennen mit Kupferoxyd 54 Kubikcentimeter Stickstoffgas bei 14° Temperatur und 766 Millim. Barometerstand; entsprechend 0,064 Gr. oder 5,23 p. C. Stickstoff.

Pflanze, welche, nachdem sie sechs Tage lang in der Sonne in luftfreiem, mit Kohlensäure leicht imprägnirten Wasser vegetirt hatte, getrocknet wurde.

1,384 Gr. dieser gepulverten bei 110° getrockneten Pflanze hinterliessen in einer Platinschale verbrannt 0,183 Gr. Rückstand, entsprechend 13,25 p. C.

1,202 Gr. derselben Pflanze gaben 39 Kubikcent. Stickgas bei einer Temperatur von 15° und 763 Millim. Barometerstand, entsprechend 0,0458 Gr. Stickstoff oder 3,74 p. C.

Diese Analysen zeigen, dass die Pflanze beim Vegetiren in luftfreiem Wasser eine beträchtliche Menge Stickstoff auf Kosten ihrer eignen Substanz verlor.

Vergleicht man diesen Stickstoffverlust mit der theilweisen Entfärbung am Ende des Versuches, so wird man zu der Annahme veranlasst, dass zwischen dem Aushauchen von Sauerstoff durch die Pflanze und der Zersetzung eines stickstoffhaltigen Bestandtheiles, der vielleicht mit der grünen Substanz der Blätter zusammenhängt, eine innige Beziehung stattfindet. Wir haben uns vorgenommen, später in diese Frage tiefer einzugehen, die mit anderen für die Ernährung der Kräuterfresser so wichtigen Fragen in naher Verbindung steht.

Resultate der Vegetation von Wasserpflanzen in lufthaltigem oder luftfreiem destillirten Wasser, das eine geringe Menge Kohlensäure enthielt.

Die Resultate der Versuche in lufthaltigem oder luftfreiem destillirten Wasser, das etwas Kohlensäure enthielt, waren so ziemlich dieselben; es fand jedoch dabei der Unterschied statt, dass die Sauerstoffentwicklung in dem Wasser, das Luft gelöst enthielt, länger anhielt. In dem einen wie in dem anderen Falle waren die Pflanzen schnell gebleicht. Es wurde ein Theil der Salze, die in der Pflanze enthalten waren, dadurch ausgeschieden; dieser Theil befand sich im gelösten Zustande in dem umgebenden Wasser. Die dem Versuche unterworfenen, bei 110° getrockneten und eingäscherten Pflanzen hinterliessen weniger Asche als dieselben Pflanzen, die nicht dem Versuche unterworfen worden waren.

Die Resultate der Analyse sind folgende:

0,910 Gr. *Potamogeton perfoliatum*, welche mit lufthaltigem

destillirten Wasser behandelt worden waren, hinterliessen nach dem Verbrennen in einer Platinschale 0,210 Gr. Rückstand, entsprechend 10,98 p. C.

1,068 Gr. der Pflanze, mit welcher der Versuch in luftfreiem destillirten Wasser angestellt worden war, gaben 0,116 Gr. Asche, entsprechend 10,86 p. C. Asche.

Endlich 0,950 Gr. der getrockneten Pflanze aus dem Wasser, in welchem sie natürlich vorkommt und in derselben Zeit aus dem Wasser entfernt wie die vorigen, gaben 0,150 Gr. Rückstand, oder 15,78 p. C.

Fassen wir in der Kürze die allgemeinen Resultate aus den im Vorstehenden beschriebenen Versuchen zusammen, so wird man die Ueberzeugung gewinnen, dass eines Theils der Stickstoff, anderen Theils die Salze, welche sich in den natürlichen Wässern gelöst befinden, einen nothwendigen Antheil an der Sauerstoffentwicklung haben, die von der Zersetzung der Kohlensäure durch die grünen Theile der Wasserpflanzen herrührt. Beide bewirken nicht direct dieses Phänomen, da dasselbe sich anfänglich mit grosser Lebhaftigkeit in einem Wasser, das keine Kohlensäure enthält, zu erkennen giebt, sondern indirect auf die Weise, dass sie den Pflanzen gewisse zur Fortsetzung ihres vegetabilischen Lebens nothwendige Bestandtheile liefern.

Diese Resultate veranlassen ferner die Annahme, dass diese Zersetzung unter dem Einflusse gewisser organischer stickstoffhaltiger Verbindungen, die wesentlich veränderlich sind, vor sich gehe. Die Zersetzung der Kohlensäure scheint in einem so hohen Grade mit der Zersetzung dieser Substanz verknüpft zu sein, dass die Pflanze, um zu leben, nothwendigerweise die zu ihrer Reproduction nothwendigen Elemente aus den umgebenden Mitteln entnehmen muss. Nach dieser Hypothese, die indess auf positive Beobachtungen sich stützt, sind gewisse Elemente in einem Zustand fortwährender Erneuerung; sie ähneln in dieser Beziehung einigen organischen Elementen der Thiere, die sich ohne Unterlass erneuern.

Es ist hier nicht der Ort, alle Fragen aufzustellen, die sich an dieses Problem knüpfen, das unstreitig eins der wichtigsten der Naturphilosophie ist.

Wir können jedoch nicht umhin, diesem Stickstoffverlust eine ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken und werden

die äussere Ursache dieses für das pflanzliche Leben so wichtigen Elementes zu erfahren suchen.

In den vorstehenden Versuchen, die mit destillirtem, kohlenensäurehaltigen Wasser angestellt worden waren, dauerte die Sauerstoffentwicklung in lufthaltigem Wasser länger als in luftfreiem; dieser Unterschied konnte nur dem Einfluss des im Wasser gelösten Stickstoffs zugeschrieben werden. Anfänglich glaubten wir, dass der freie Stickstoff direct von der Pflanze assimilirte werden könnte. Es entstand aber nun die Frage, ob diese Quelle die einzige sei, oder ob der Stickstoff in Verbindung nicht als Nahrungsmittel für die Wasserpflanzen dienen könne. Um diese Frage aufzuklären, versuchten wir vergleichungsweise die Einwirkung einiger Ammoniaksalze auf Wasserpflanzen, die sich unter den folgenden Bedingungen befanden.

In dem ersten Gefäss befand sich gewöhnliches lufthaltiges Wasser, welches 25 Centiliter Kohlensäure auf 10 Liter Wasser gelöst enthielt.

Das zweite Gefäss enthielt luftfreies Wasser, in welchem Kohlensäuregas aufgelöst worden war; es enthielt ferner 1 Gr. schwefelsaures Ammoniak auf 10 Liter Wasser.

Das dritte Gefäss enthielt anstatt des schwefelsauren Salzes das salpetersaure Salz derselben Base.

Das vierte endlich enthielt bei gleicher Menge Wasser, die nämliche Quantität kohlensaures Ammoniak, d. h. 0,0001 vom Gewichte des Wassers.

Alle Apparate entwickelten anfänglich eine grosse Menge Sauerstoff; die Entwicklung war aber bei Weitem langsamer in den Apparaten, welche Ammoniaksalze enthielten. Nach Verlauf von drei Tagen schritt die Vegetation in den letzten drei Gefässen nicht mehr fort, während sie in dem ersten Apparat noch eben so lebhaft als beim Beginne des Versuches war.

Aus dem ersten Gefäss hatten sich in diesem Zeitraum entwickelt 1765 Kubikcent. Gas, aus dem zweiten nur 160, aus dem dritten 140 und aus dem vierten nur 66.

Diese Resultate zeigen, dass die Ammoniaksalze, namentlich aber das kohlensaure Ammoniak in der Menge, in der sie angewendet worden sind, einen schädlichen Einfluss ausüben.

Es ist aber möglich, dass diese Dosis zu stark war; wir betrachten deshalb diese Frage nicht als erledigt; die vorge-

schriftene Jahreszeit gestattete uns nicht, die zur Aufklärung dieses Punctes angestellten Versuche zu beendigen.

*Ueber die Bewegung der von den Pflanzen absorbirten
und entwickelten Gase.*

Es lässt sich im Voraus schwer angeben, welcher Theil der Blätter die Absorption der Gase und namentlich die der Kohlensäure bewirkt. Die Structur der beiden Oberflächen des Blattes zeigt keine bemerkenswerthen Unterschiede; mindestens gelang es uns bis jetzt nicht, dergleichen wahrzunehmen. Eine Beobachtung, welche wir mehrmals gemacht haben, kann aber über diesen Punct Aufklärung geben.

Wir brachten Stengel von *Potamogeton perfoliatum*, dessen Blätter auf beiden Seiten vollkommen rein waren, in eines der Wasserbassins des Brunnens, dessen Wasser eine beträchtliche Menge kohlensauren Kalk in Lösung enthielt. Diese Vegetabilien fuhren fort zu leben, als wenn sie in dem Boden sässen; nach Verlauf aber von ungefähr vierzehn Tagen bemerkten wir mit Erstaunen, dass alle Blätter, und namentlich die jüngsten, lebenskräftigsten mit einer kreideartigen Kruste überzogen waren. Bei genauerer Prüfung fand sich, dass dieser Absatz sich immer auf der oberen Seite der Blätter befand, während die untere Seite stets vollkommen rein war. Die Idee, dass dieser Absatz nur mechanisch gebildet worden sei, konnte nicht aufkommen, da die Lage der Stengel im Wasser eine fast horizontale war und die oberen Flächen der Blätter die entgegengesetztesten Richtungen hatten. Die verschiedene Lage, welche sicher auf die Gruppierung der Moleküle, wenn dieselbe durch mechanische Kraft herbeigeführt worden wäre, einen Einfluss geäussert haben würde, war aber hier, was die Form, das Aussehn und die Dicke des Absatzes anbelangt, ohne Einfluss geblieben. Die Ursache musste also eine andere als eine mechanische sein; um dieselbe aber zu erfahren, war es nothwendig, dass die Natur des Absatzes chemisch ermittelt wurde; eine sehr einfache Analyse zeigte uns, dass diese Substanz nur reiner kohlensaurer Kalk war.

In diesem Factum glaubten wir den Grund der Erscheinung zu finden; es ist bekannt, dass der kohlensaure Kalk durch überschüssige Kohlensäure in dem Wasser aufgelöst erhalten wird. Wenn man durch irgend ein Mittel diese überschüssige Kohlen-

säure abscheidet, so setzt sich der kohlensaure Kalk aus der Lösung ab. Dieses Salz verrieth uns also, indem es sich an der oberen Fläche der Blätter absetzt, deutlich, dass hier die Abscheidung, oder mit anderen Worten, die Absorption der Kohlensäure durch die Pflanze stattfand.

Nehmen wir das, was wir weiter oben erörtert haben, für richtig an, so wird diese Kohlensäure in dem Innern des Blattes durch die Einwirkung des Lichtes auf die grüne Substanz oder einen stickstoffhaltigen Körper, welcher dieselbe begleitet, zersetzt. Wie dem nun auch sei, so steht es fest, dass der abgeschiedene Sauerstoff sich nicht sogleich nach Aussen entwickelt, sondern sich in den Intercellulargängen ansammelt und von da aus zum Theil durch die Seitenporen entweicht.

Der Lauf dieses Sauerstoffstromes in dem Innern der Pflanze ist ein sehr bemerkenswerther; er geht nämlich constant von den Blättern nach den Wurzeln. Es lässt sich diess leicht durch folgenden Versuch nachweisen. Wenn man den mittleren Theil eines Stengels von *Potamogeton* oder *Ceratophyllum* in kohlensäurehaltigem Wasser horizontal der Sonne aussetzt, so bemerkt man nach einigen Augenblicken aus dem Wurzelabschnitt des Stengels Gasblasen sich entwickeln, während sie an dem anderen Ende unbedeutend und in gewissen Fällen gar nicht zu bemerken ist. Dieser Versuch giebt, man mag den Stengel irgend welche Lage geben, unverändert stets dasselbe Resultat.

Es lässt sich demnach nicht bezweifeln, dass ein Sauerstoffstrom von der Spitze des Stengels nach den Wurzeln strömt. Dieses genau constatirte Phänomen lässt sich auch in seinen Folgen betrachten. Man kann nämlich fragen, ob dieser zu den Wurzeln gehende Sauerstoff keine weitere Rolle bei der Ernährung der Pflanzen spielt, oder ob derselbe vielleicht auf die oxydirbaren organischen Ueberreste, welche die Wurzeln umgeben, einwirkt, und dadurch das Vegetabil fortwährend mit einem Kohlensäurequell begabt. Der Ernährungsact der Pflanze gewährt also auch zugleich ein zum Fortbestehen des Lebens nothwendiges Nahrungsmittel.

Schlüsse.

1. Die Zersetzung der Kohlensäure durch die grünen Theile

der unter dem Wasser lebenden Pflanzen geht nur unter dem Einflusse des Lichtes vor sich.

2. Im Dunkeln wird keine Kohlensäure erzeugt.

3. Das durch gefärbte Gläser veränderte Licht hat eine Intensität, die in folgender Ordnung abnimmt:

- a) mattes geschliffenes farbloses Glas;
- b) gelbes Glas;
- c) farbloses durchsichtiges Glas;
- d) rothes Glas;
- e) grünes Glas;
- f) blaues Glas.

4. Zur Entstehung dieses Phänomens ist eine gewisse Temperatur erforderlich; bei steigender Temperatur beginnt es nicht unter 15° ; bei abnehmender setzt es sich bis unter diese Temperatur bis 10° über Null fort.

5. Die Salze und die Luft, welche sich nebst der Kohlensäure in den natürlichen Wässern finden, sind zur dauernden Erscheinung unerlässlich.

6. Das durch die Pflanzen entwickelte Gas enthält ausser Sauerstoff eine gewisse Menge Stickstoff. Dieser Stickstoff rührt zum grössten Theile von der Zersetzung der Pflanzensubstanz selbst her.

7. Der Stickstoff der Luft, welchen das Wasser gelöst enthält, scheint zur Ausgleichung dieses Verlustes bestimmt zu sein; seine Gegenwart ist unbedingt nothwendig.

8. Das Ammoniak und die Ammoniaksalze, welche sich im Wasser in der Menge von 0,0001 gelöst befinden, bewirken sehr bald den Tod der Pflanzen.

9. Die Absorption der Kohlensäure geht nur auf der oberen Fläche der Blätter vor sich.

10. Der Sauerstoff, der von der Zersetzung der Kohlensäure herrührt, geht in die Intercellulargefässe und richtet seinen Lauf beständig von den Blättern nach den Wurzeln.