

Vorträge.

Beiträge zur Physiologie der Pflanzen.

Von dem w. M., Prof. Dr. F. Unger.

I.

Bestimmung der in den Intercellulargängen der Pflanzen enthaltenen Luftmenge.

Die Elementar-Organen, welche die verschiedenen Pflanzentheile zusammensetzen und von der mannigfaltigsten Gestalt aber immerhin von einem ausserordentlich kleinen Körperumfange sind, berühren sich in den wenigsten Fällen gegenseitig vollständig, sondern lassen noch kleinere Räume zwischen sich übrig, welche häufig mit Luft erfüllt sind.

Unter gewissen Umständen dehnen sich diese Räume mehr aus, nehmen die Form von regelmässigen oder unregelmässigen Höhlungen an, oder verlängern sich wohl gar zu canalförmigen Erweiterungen, die parallel mit der Axe der Pflanzentheile verlaufen. Der Umfang solcher Lufthöhlen und Luftcanäle übertrifft die Grösse der sie begrenzenden Elementartheile immer um ein Bedeutendes, und daher kommt es, dass viele derselben schon mit freiem Auge sichtbar sind. Es ist merkwürdig, dass gerade jene Theile der Pflanze, in denen der Stoffwechsel am kräftigsten vor sich geht, in der Regel auch mit den zahlreichsten Luftgängen versehen sind, wie das bei den Blättern, den krautartigen Stengeln und der Innenrinde baum- und strauchartiger Gewächse u. s. w. der Fall ist. In den ersteren finden sich sogar Organe, welche eine directe Verbindung der im Innern der Pflanze vorhandenen luftführenden Räume mit der äussern Luft herstellen, und so ein beständiges Eingreifen derselben zu den innersten Pflanzentheilen möglich machen.

Der Einfluss der atmosphärischen Luft auf die chemischen Vorgänge der Zellen ist demnach in Folge dieser Einrichtung in die Augen springend, und kann bei der leichten Veränderlichkeit derselben nicht anders als höchst einflussreich auf das Leben der Gewächse gedacht werden.

Will man diesen Einfluss näher kennen lernen und denselben von seiner qualitativen sowohl, als von seiner quantitativen Seite in Erfahrung bringen, so ist es nicht genug, dass der Anatom die Grösse, Lage und Vertheilung solcher luftführenden Gänge für die verschiedenen Pflanzen und ihre Theile beiläufig angibt, es ist vielmehr nothwendig, in eine genaue Werthschätzung ihrer Ausdehnung im Pflanzengewebe und in eine Vergleichung ihres Volumens mit dem Volumen der sie enthaltenden Organe einzugehen. Es scheint mir die Lösung dieser Aufgabe als eine Grundbedingung für die Entscheidung der Frage, wie die Gase und namentlich wie die atmosphärische Luft mit ihren Gemengtheilen auf die Pflanzensubstanz einwirken. Die dunkeln Vorstellungen, die man sich über diesen Gegenstand gegenwärtig macht, rühren grösstentheils davon her, weil gewisse Vorfragen noch nicht gelöst sind, unter welche die oben gestellte vorzugsweise zu nennen ist.

Seit mehreren Jahren mich mit diesem Gegenstande beschäftigend, bin ich endlich dahin gekommen, eine Methode ausfindig gemacht zu haben, welche den Anforderungen der Physiker entsprechen dürfte. Die Darstellung derselben soll der Gegenstand folgender Mittheilung sein, an welche sich zugleich einige nach dieser Methode ausgeführte Bestimmungen der Luftvolumina in verschiedenen Pflanzentheilen anschliessen mögen.

Da es sich hier durchaus um sehr kleine Quantitäten handelt, so ist wohl von vorne ersichtlich, dass eine Methode nichts werth ist, welche nicht die kleinsten Unterschiede anzugeben im Stande ist. Hierin beruhen eben die Schwierigkeiten, welche ich nach allen Anstrengungen anfänglich nicht zu beseitigen vermoehte, die ich aber nach und nach so zu überwinden lernte, dass sie mir gegenwärtig ein, wenn auch nicht ganz fehlerfreies jedoch immerhin brauchbares Resultat gaben.

Es handelt sich zuerst um die Volumsbestimmung des zu untersuchenden Pflanzentheiles — eines Blattes, eines Blattstieles, eines Stück Stengels u. s. w. Dass man zu diesem Zwecke nur kleinere Pflanzenorgane und wenn dieselben ihrer Natur nach umfangsreich sind, nur Theile derselben nehmen wird, versteht sich von selbst, da es sich hier nur um Erlangung relativer Werthe handelt. Von solchen kleineren oder verkleinerten Pflanzentheilen wird das Volumen am sichersten durch die hydrostatische Wage bestimmt. Es ist über-

flüssig anzugeben, dass der zu untersuchende Körper erst in der Luft und dann im Wasser eingetaucht gewogen wird. Die Differenz des Gewichtes ist dem durch den Umfang des Körpers verdrängten Wasser gleich, welches zugleich das Volumen desselben ausmacht. Man hat nur noch das Gewicht des Wassers auf dessen Volumen zu reduciren und dabei jene Correctur anzubringen, welche die bei jeder andern Temperatur als $+4^{\circ}$ C. in der Dichtigkeit desselben stattfindet. Man wird selten Pflanzentheile zu untersuchen haben, die über 4—5 Cent. Met. Cub. Umfang betragen und erhält dabei auf directem Wege noch Unterschiede in den tausendsten Theilen, was hinlänglich genau ist.

Mit dem auf diese Weise eruirten Volumen des Pflanzenkörpers ist nun das Volumen seiner inneren von Luft erfüllten Höhlungen zu vergleichen. Wie aber lässt sich zu einem genauen Ausmasse, zur Bestimmung des Umfanges derselben gelangen? Auf directe Weise nicht leicht, wohl aber auf indirecte Weise dadurch, dass die Gesamtausdehnung jener Höhlungen durch Wasser als dem passendsten flüssigen Körper injicirt, und nachdem diese Operation vorgenommen wurde, der früher mit Luft erfüllte Pflanzentheil nun noch einmal mit seiner Wassererfüllung unter Wasser gewogen wird. Der Unterschied des Gewichtes kann einzig und allein nur von dem in den Höhlungen aufgenommenen Wasser herrühren und diese Gewichts-differenz in Volumen umgesetzt und wie oben corrigirt, muss denn auch genau den ganzen Umfang der durch das Wasser besetzten Luft-räume angeben.

Es ist klar, dass die Genauigkeit dieser Bestimmung ganz und gar abhängig ist von der Operation des Injicirens und es fragt sich nur, ob dieselbe so vollständig bewerkstelligt werden kann, dass auch nicht der kleinste Luftraum unbenetzt in dem injicirten Blatte übrig bleibt. Hierauf antwortete ich ohne Bedenken mit „ja“, sobald man hierzu gute Instrumente anwendet, und die nöthige Zeit und Aufmerksamkeit dabei nicht spart.

Zum Zwecke der vollendeten Injection eines Pflanzentheiles gelangt man auf mehreren Wegen. Ich will vor der Hand nur jenen näher beschreiben, den man mittelst einer guten Luftpumpe einschlagen kann, wobei man noch den Vorthail hat, für mehrere Pflanzen auf einmal solche Injectionen zu bewerkstelligen.

Sobald die Wägung des Pflanzentheiles in der Luft vorgenommen wurde, muss man sich beeilen, denselben unter Wasser zu tauchen,

damit durch die unmerkliche Verdunstung der wässerigen Säfte keine Beeinträchtigung des Gewichtes für die folgenden Wägungen erfolge. Sobald auch die Wägung unter Wasser im luftgefüllten Zustande vorgenommen ist, so wird dieser und noch mehrere andere Pflanzentheile, die man zu untersuchen vor hat, in ein Gefäß mit Wasser gebracht, und sämtliche Pflanzentheile derart durch eine passende Vorrichtung untergetaucht erhalten, dass sie nicht leicht auf die Oberfläche desselben gelangen können. Das Gefäß wird jetzt unter den Recipienten einer Luftpumpe gebracht, und die Luft langsam, jedoch möglichst gut ausgepumpt. Bei dieser Operation verlieren das Wasser sowohl als die in ihm befindlichen Pflanzentheile nach und nach ihre Luft, die in Form von Bläschen an die Oberfläche gelangen. Führt man mit dem Auspumpen so lange fort, als noch Luftblasen entstehen und sperrt zuletzt den Recipienten auf einige Stunden ab, so kann man versichert sein, die Luft möglichst entfernt zu haben. Öffnet man nun den Hahn, welcher den Zutritt der atmosphärischen Luft wieder gestattet, so sieht man, wie allmählich das Wasser in sämtliche Pflanzentheile eindringt, sie durchnetzt und durchscheinig macht, während das früher nicht der Fall war. Der nun specifisch schwerere Pflanzentheil sinkt sogleich zu Boden, und wenn die Injection vollkommen gelungen ist, so wird man auch nicht das kleinste Lufttheilchen im Gewebe mehr wahrnehmen. — Ist das nicht der Fall, so verräth sich eine solche unvollständig injicirte Stelle sogleich durch seine lichtere Farbe, und man hat dann nur die Operation zu wiederholen.

Bei den meisten Pflanzentheilen namentlich den membranösen, zarteren Blättern gelingt die vollkommene Injection meist auf das erste Mal; bei dickeren, lederartigen Theilen erfordert die Operation mehr Behutsamkeit und Ausdauer. Endlich kommen auch Fälle vor, wo die Austreibung der Luft äusserst langsam erfolgt. Indess wird man dabei bald jene Umsicht erlangen, welche das Gelingen des Versuches erfordert, und zuletzt zu einem Resultate gelangen, von dessen Brauchbarkeit man sich durch vergleichende Versuche an einem und demselben Gegenstande überzeugt. Um dergleichen schwierig zu injicirende Gegenstände mit minderem Zeitaufwande zu behandeln, erleichtert man sich das Geschäft dadurch ungemein, dass man dieselben nach Umständen in mehrere Theile durch scharfe Messer zerschneidet. Man wird finden, dass dadurch die Entfernung der Luft

aus den kleinsten Interzellulargängen in der halben Zeit erfolgt, als sonst nöthig wäre. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass in einigen Fällen, selbst ein wiederholtes Auspumpen der Luft keineswegs alle Luft aus den Pflanzentheilen entfernt. Dies findet z. B. Statt bei sehr trockenen lederartigen Blättern vieler Laurineen, Papilionaceen u. s. w. Für solche Fälle bleibt nichts übrig als diese Blätter in siedendes Wasser einzutauchen, was die Austreibung der eingeschlossenen Luft in kurzem vollkommen bewerkstelligt. Aus Blättern von *Camphora officinalis* Nees konnte ich durch wiederholtes Auspumpen nur so viel Luft entfernen, dass das Verhältniss ihres Volumens zum luftführenden Raume sich verhielt wie 1000:36, nachdem diese Blätter jedoch ausgekocht wurden, stellte sich das Verhältniss heraus von 1000:75.

Bei allen Operationen, die man zur Bestimmung der Volumina, die hier zu vergleichen kommen, vollführt, hat man, wie es sich wohl von selbst versteht, sorgsam darauf zu achten, dass nicht von aussen anhängende Luftbläschen mit gewogen werden. Das Nichtübereinstimmen mancher Versuche hat allein in der Sorglosigkeit, womit diese Umstände behandelt werden, seinen Grund.

Obgleich diese Methode, wenn sie mit den nöthigen Vorsichtsmassregeln ins Werk gesetzt wird, nichts anderes als ein befriedigendes Resultat gewähren kann, so ist doch nicht zu übersehen, dass einige Factoren dabei unterlaufen, die man leider nicht zu eliminiren im Stande ist, und die der Genauigkeit derselben mehr oder weniger Eintrag zu thun scheinen.

Das erste ist die nach der Wasser-Injection leicht erfolgende Inhibition der Zellen selbst, sobald dieselbe nicht ohnehin im vollkommen turgescirenden Zustande sind. Ich habe die Grösse derselben bisher noch nicht zu ermitteln vermocht; da dieselbe aber nur allmählich erfolgen kann, so wird eine gleich nach der vollendeten Injection vorgenommene Wägung am wenigsten mit diesem Fehler behaftet sein, ein Fehler, der jedenfalls das Gewicht vermehrt und daher das Volumen des luftführenden Raumes zu gross angibt.

Der zweite Fehler, jedenfalls wie mir scheint beträchtlicher als der erste, rührt daher, dass bei der Injection durch Wasser nicht blos die luftführenden Zwischenzellengänge, sondern auch die luftführenden Spiralgefässe erfüllt werden. Aber auch dieser Fehler, welcher ebenfalls das Volumen der luftführenden Räume zu gross angibt, ist

darum als unbeträchtlich zu erachten, weil die Spiralgefässe in den meisten Pflanzentheilen, die hier zu untersuchen kommen, an Zahl sowohl als an Ausdehnung sehr gering anzuschlagen sind.

Ein dritter Fehler, und vielleicht der namhafteste von allen, rührt zuverlässig daher, dass man vielleicht in den wenigsten Fällen alle Luft durch eingeführtes Wasser zu ersetzen im Stande ist. Wenn auch vielleicht sehr oft die Injection vollkommen gelungen erscheint, so wird man bei fortgesetzter Operation dennoch fast immer einige, wenngleich verdünnte, Luftbläschen aus dem bereits luftleeren Pflanzentheil hervor zu locken im Stande sein. In anderen Fällen mag das noch in einem grösseren Masse stattfinden. Dieser Fehler ist jedoch anderer Art als die beiden vorhergehenden, er gibt nämlich das Volumen der Lufträume zu gering an. Da dieser letztere Fehler, wenn wir ihn negativ nennen wollen, eben so gross sein dürfte als die beiden ersteren offenbar entgegengesetzten, also positiven Fehler zusammen genommen, so heben sie sich gegenseitig auf, und man kann gerade durch diese Methode eine sehr genaue Bestimmung erwarten.

Schlüsslich bemerke ich nur noch, dass, da es sich hier um Vergleichungswerthe handelt, die bei der Volumsbestimmung des Pflanzentheiles vorzunehmende Correctur wegen Temperatur des Wassers sich bei der Volumsbestimmung der Lufträume ganz so wiederholt, daher dieselbe Correctionszahl im Zähler und Nenner erscheint, folglich ganz wegbleiben kann.

Im Folgenden sind nun dergleichen Volumsbestimmungen nach dieser Methode durchgeführt, und zur leichteren Übersicht tabellarisch zusammengestellt, wobei in einer eigenen Spalte auch eine kurze Beschreibung des untersuchten Pflanzentheiles angeführt ist, um zu zeigen, in welchem Zusammenhange die Grösse der luftführenden Räume in den verschiedenen Pflanzen im Allgemeinen mit der Beschaffenheit derselben steht.

Allgemeiner Charakter	Namen der Pflanzen	Beschaffenheit des Pflanzentheiles	Untersuchter Theil der Pflanzen	In 1000 Volum-Theilen der Pflanzen sind enthalten Volum-Theile Luft
Schwammig.	<i>Pistia texensis</i> Klotzsch.	Schwammig aufgetrieben, sehr behaart.	3 Blätter	713
	<i>Paspalum setaceum</i> Michx.	Trocken, membranös zart, ohne deutlich hervortretende Nerven.	4 Blätter mit ihren Scheiden.	68
Trocken-häutig.	<i>Canna tubiflora</i> .	Membranös, glatt mit starken Mittelnerven.	1 Blatt.	132
	<i>Musa sapientum</i> Lin.	Membranös, dünn, ohne hervortretende Nerven.	Stück einer Blattfläche.	284
	<i>Musa sapientum</i> Lin.	Zellig d. i. zahlreiche weite und parallele Luftcanäle, durch Querwände getheilt.	Stück eines Blattstieles.	480
	<i>Nicotiana Tubacum</i> Lin.	Sehr zart membranös mit feinen Haaren bedeckt. Blattstiel kurz, Nervatur unbedeutend.	Blatt sammt Blattstiel.	256
Saftig-häutig.	<i>Brassica Rapa</i> Lin.	Blattstiel und Mittelrippe überwiegend, Blattfläche membranös.	„	173
	<i>Bocconia frutescens</i> Lin.	Zart membranös mit wachsartigem Überzug und bedeutendem Blattstiel.	2 Blätter mit Stiel.	268
	<i>Solanum serpentinum</i> Desf.	Membranös, reich behaart, der Blattstiel lang.	2 Blätter mit Stiel.	246
	<i>Passiflora quadrangularis</i> Lin.	Membranös, glatt ohne starke Nerven.	2 Blätter sammt Stiel.	209
	<i>Plectranthus fruticosus</i> Herit.	Membranös, sehr behaart mit starker Nervatur.	„	181
	<i>Arctocalyx Endlicherianus</i> Fenzl	Membranös, stark behaart, Blattstiel lang.	„	84

Allgemeiner Charakter	Namen der Pflanzen	Beschaffenheit des Pflanzentheiles	Untersuchter Theil der Pflanzen	In 1000 Volumtheilen der Pflanzen sind enthalten Volumtheile Luft
Fleischig-häutig.	<i>Cestrum laurifolium</i> Herit.	Membranös, glänzend, mit starken Mittelnerven. Wurde durch die Injection völlig durchseheinig.	2 Blätt. sammt Stiel.	400
	<i>Begonia incarnata</i> Link.	Membranös, glatt, Nervatur schwach, Blattstiel kurz.	„	193
	<i>Scilla maritima</i> Linn.	Fleischig-membranös, ohne hervortretende Nerven.	Oberer Theil eines Blattes.	206
	<i>Veltheimia viridifolia</i> Jacq.	Etwas fleischig-membranös.	Ein ganz. Blatt.	131
	<i>Amaryllis curvifolia</i> Jacq.	Etwas fleischig, mit Wachüberzug.	2 Blätter, jedes von 7 Zoll Länge.	356
	<i>Hemanthus coccineus</i> L.	Fleischig	Ein ganz. Blatt.	208
	<i>Arthropodium paniculatum</i> R. Br.	Membranös - fleischig, mit starkem Wachüberzug.	Ein ganz. Blatt.	145
Lederartig-häutig.	<i>Cecropia petata</i> Ten.	Lederartig-häutig, an der Unterseite mit feinen Haaren.	Blattfläche ohne Stiel.	309
	<i>Cecropia petata</i> Ten.	Trockene Markzellen, die nach der Injection nur theilweise mit Wasser erfüllt waren.	Blattstiel	253
	<i>Anthurium digitatum</i> Sweet.	Lederartig-häutig, mit wulstigem, kurzen Stiel.	1 Blättchen.	117
	<i>Aristolochia labiosa</i> Ker.	Lederartig-häutig, eingetaucht im Wasser silberweiss. Die anhängende Luft konnte mechanisch kaum weggebracht werden.	1 Blatt sammt Stiel.	299
	<i>Dipteracanthus Schauerianus</i> Nees.	Derb-membranös, Mitelnerv deutlich.	2 Blätter mit Stiel.	293

Allgemeiner Charakter	Namen der Pflanzen	Beschaffenheit des Pflanzentheiles	Untersuchter Theil der Pflanzen	In 1000 Volum-Theilen der Pflanzen sind enthaltene Volum-Theile Luft
Lederartig-häutig.	<i>Ficus oppositifolia</i> Roxb.	Trockenhäutig, voll hervorragender Nerven. Die äussere Luft konnte im Wasser leicht weggebracht werden.	1 Blatt mit Stiel.	195
Fleischig.	<i>Saxifraga ligulata</i> Wall.	Dick, fleischig, mit starker Nervatur.	1 Blatt sammt Stiel.	244
	<i>Chirita sinensis</i> Lindl.	Dicker Blattstiel, mit dicker, fleischiger Lamina, stark steifhaarig.	„	142
	<i>Begonia manicata</i> Cels.	Fleischig, saftreich.	„	66
	<i>Begonia hydrocotylifolia</i> Hook.	Fleischig, saftreich.	„	35
Fleischig-lederartig.	<i>Hoya carnosa</i> R. Br.	Blattstiel kurz, dick, Blattfläche lederartig-fleischig	„	138
	<i>Aeschinanthus javanicus</i> Hort.	Lederartig - fleischig ohne hervortretende Blattnerven.	5 Blätter mit kurzen Stielen.	164
	<i>Camellia japonica</i> Linn.	Lederartig, derb, Blattstiel kurz.	2 Blätter mit Stielen.	224
	<i>Prunus Laurecerasus</i> Linn.	Lederartig, mit starken Mittelnerven.	1 Blatt mit Stiel.	219
	<i>Citrus Aurantium</i> Lin.	Lederartig, starker Mittelnerv. Wurde durch die Injection völlig durchscheinig.	1 Blatt mit Stiel.	151
	<i>Psidium cuneatum</i> Camb.	Lederartig, derb, Blattstiel kurz.	3 Blätter mit Stiel.	164
	<i>Ardisia crenulata</i> Vent.	Lederartig.	4 Blätter mit kurz. Stielen.	220
	<i>Stephanotis floribunda</i> Brong.	Mehr lederartig als fleischig.	2 Blätter.	111
	<i>Aucuba japonica</i> Lin.	Lederartig, nur der Mittelnerv hervortretend.	1 Blatt mit Stiel.	273

Allgemeiner Charakter	Namen der Pflanzen	Beschaffenheit des Pflanzentheiles	Untersuchter Theil der Pflanzen	In 1000 Volum-Theilen der Pflanzen sind enthalten Volum-Theile Luft
Lederartig.	<i>Eucalyptus Preissiana</i> Schauer.	Sehr derb, lederartig. Blattstiel kurz.	2 Blätter mit Stielen.	96
	<i>Ceratonia Siliqua</i> Lin.	Trocken, lederartig, dünn; schwimmen nicht im Wasser.	Blättchen ohne ihren gemeinschaftlichen Stiel.	112
	<i>Camphora officinalis</i> Nees.	Trocken, lederartig, schwimmt nicht.	2 Blätter mit Stiel.	77

Da es sich in diesen Untersuchungen vorzüglich um Blätter handelte, so habe ich die Anreihung derselben nach der innern Beschaffenheit in 4 Kategorien gebracht, und diese mit den bekannten Ausdrücken schwammig, häutig (membranös), fleischig und lederartig bezeichnet. Da aber die meisten Blätter keine dieser Beschaffenheiten ungetrübt an sich tragen, so war ich genöthigt durch Zusammensetzung dieser Worte die entsprechende Natur anzudeuten, wobei natürlich nur die gröberen in die Augen fallenden Nuancen eine Bezeichnung erhalten konnten.

Überblickt man nun nach dieser Eintheilung die untersuchten Blätter auf ihren Luftgehalt, so kann es nicht anders sein, als dass in der schwammigen, lockeren Beschaffenheit und in der lederartigen, derben Natur derselben die beiden Extreme auftreten müssen.

Die Blätter von *Pistia texensis* und jene von *Camphora officinalis* bieten in der That einen Gegensatz, der sich in den Zahlen 713 und 77 zu der Vergleichszahl 1000 haarscharf ausdrücken lässt. Während das eine Blatt nur mit bedeutender Beschwerung im Wasser untersinkt, thut es das Campherblatt von selbst.

Es ist jedoch sehr überraschend, dass in den derben, lederartigen Blättern demungeachtet nicht die kleinsten Luftmengen enthalten sind, sondern dass sich diese gegen unsere Vermuthung sowohl in den trockenen, membranösen, grasartigen Blättern sowie noch auffallender in dicken, fleischigen und saftreichen Blättern finden.

Es zeigt dies auf das augenscheinlichste, dass die Beschaffenheit der Blätter, welche der Ausdruck ihrer Substanz ist, keineswegs auf die Menge und Grösse der luftführenden Räume Einfluss hat, und dass

demnach grosse und kleine Lufträume mit jeder Beschaffenheit vereinbart sein können. Der Anatom, der sich durch Hülfe des Messers von der Beschaffenheit der Substanz zu überzeugen im Stande ist, wird das keineswegs unbegreiflich finden, da er nur zu oft zu bemerken Gelegenheit hat, dass ein saftreiches Parenchym mit sehr kleinen Intercellulargängen vergesellschaftet ist, welche nicht nur jenen der trockenen und derben Pflanzensubstanzen gleich kommen, sondern an Ausdehnung und Verbreitung denselben oft sogar weit nachstehen. Umgekehrt findet sich dort, wo ein aus unregelmässigen, sternförmigen Zellen gestaltetes Gewebe mit was immer für einer Form der innern Beschaffenheit in Verbindung kommt, immer der grösstmögliche Luftgehalt. Ein auffallendes Beispiel davon gibt das Blatt von *Cestrum laurifolium*. Endlich ist es wohl von selbst begreiflich, dass wo sich Lufteanäle in grösserer Masse entwickeln, sei das begleitende Zellgewebe von was immer für einer Beschaffenheit, sich nothwendig ein grösserer Quotient des Luftgehaltes ergeben muss. Ich verweise hierbei auf den Luftgehalt des Blattstieles von *Musa sapientum*.

Ich habe absichtlich die ihrer Natur nach verschiedensten Blätter hier in Untersuchung gezogen, nicht nur um die Zahl der möglichen Breite in dem Luftgehalte dieser Organe zu erhalten, sondern zugleich um ein der Wahrheit ziemlich nahe kommendes Mittel zu finden, welches im Allgemeinen den Luftgehalt der Blätter ausdrücken kann. Haben wir in den Zahlen $7^{13}/_{1000}$ und $35/_{1000}$ die beiden äussersten Extreme beobachtet, so gibt die Zahl $2^{11}/_{1000}$ aus 41 Untersuchungen an 39 verschiedenen Blättern die Mittelzahl, und wir können daher im Allgemeinen den Luftgehalt der Blätter zu 21 Procent oder nahezu als $1/4$ ihres Volumens bezeichnen.

Es wird sich bei Erweiterung dieser Erfahrungen herausstellen, in wie fern diese Zahlen noch Modificationen bedürfen, zugleich aber vielleicht ein Gesetz finden lassen, wie ein bestimmter Luftgehalt der Blätter mit gewissen klimatischen Zuständen im Einklange steht. Die Vegetation Neuholands mit ihren vorherrschenden, trockenen lederartigen Blättern, die Pflanzen West-Indiens mit ihrem membranösen Laube, die massiven Fettpflanzen des Cap mit ihren fleischigen Blättern und Stengeln sind gewiss nicht ohne nähere Beziehungen zu ihrem Standort dahin und dorthin vertheilt. —

Möge das, was ich hier nur als eine dunkle Andeutung zu geben im Stande bin, bald auf fruchtbaren Boden fallen und der Erweiterung der Wissenschaft zum Frommen sein.

II.

Über den Einfluss der atmosphärischen Luft auf die mit ihr eingeschlossenen grünenden Pflanzentheile.

Durch die Versuche Theod. v. Saussure's und Grisehows ist es ausser Zweifel gestellt, dass grüne Pflanzentheile im Schattenslichte aus der sie umgebenden atmosphärischen Luft, die mit ihnen durch Glasgefässe eingeschlossen wird, eine nicht geringe Menge Sauerstoff aufnehmen und dafür eine wenn auch dieser Menge nicht ganz entsprechende Quantität Kohlensäure an dieselbe abgeben. Das Luftvolumen erhält, wenn dieser Process in einem durch eine Flüssigkeit abgesperrten Raume vor sich geht, immer eine geringe Verminderung, ist aber bei verschiedenen Pflanzen vielen Schwankungen unterworfen, welche daher rühren, dass manche Gewächse wie z. B. die sogenannten Fettpflanzen anfänglich und unter gewissen Umständen grosse Mengen Sauerstoff aufnehmen und nur geringe Mengen Kohlensäure dafür abgeben, die sich allerdings in der Folge vergrössern.

Die Versuche von Saussure sind mit verschiedenen Pflanzen durch 24 Stunden angestellt, die von Grisehow durch längere Zeit — bis auf mehrere Tage (13) — hinausgezogen, das Verhältniss jedoch der einzelnen Vorgänge in den auf einander folgenden kürzeren Zeiträumen ist von keinem von beiden beobachtet worden.

Da es sich gleich von vorne herausstellte, dass die Pflanze in dieser Wechselwirkung mit der atmosphärischen Luft keineswegs einer einfachen chemisch-physikalischen Vorrichtung gleicht, in welcher Verbindungen und Ausscheidungen nach Massgabe der Grösse und Ausbreitung der Pflanzensubstanzen, so wie der äusseren Einflüsse vor sich gehen, sondern vieles davon auf die Eigenthümlichkeit des Baues und der besondern organischen Einrichtungen geschoben werden muss, hielt ich es für sehr zweckmässig, diesen Process detaillirter zu beobachten. Es war mir dabei hauptsächlich zu thun, die in aufeinanderfolgenden kleinen Zeitabschnitten stattfindende Absorption des Sauerstoffgases zu erfahren, und zu sehen,

ob, wenn dergleichen Versuche durch längere Zeit fortgesetzt werden, dies mit der vollständigen Consumption des Sauerstoffes ende.

Ich hatte ferner bei diesem Versuche noch den Zweck zu erfahren, ob der vollkommene Mangel des Lichtes zur Nachtzeit und das zerstreute Licht des Tages nicht Differenzen in diesem zum Theil rein chemischen, zum Theil organischen Processe hervorbringe. Alle diese Fragen glaubte ich am sichersten und genauesten durch folgende Einrichtung des Versuches lösen zu können.

Die Versuchspflanzen wurden in einen hermetisch geschlossenen für Licht und Wärme zugänglichen Raum, nämlich unter ein durch eine Glasplatte verschlossenes Cylinderglas gebracht, in dessen Boden ein hinlänglich langes ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll weites Glasrohr angebracht war, welches am unteren freien Ende in ein Gefäß mit Wasser eintauchte und dadurch den erwähnten Raum vollkommen von aussen abspernte.

Um die Menge des von den Pflanzen aufgenommenen Sauerstoffgases für jeden beliebigen Zeitmoment zu erfahren, wurde die ihren Verlust zum Theil ersetzende Luftart durch ein sehr wirksames Absorptionsmittel, welches sich in demselben Raume mit der Pflanze befand, weggenommen. Der verschwundene Sauerstoff musste sich daher, falls nicht neue Luftarten hinzutraten, nach seiner ganzen Menge in der Verminderung des Luftvolumens zu erkennen geben und konnte durch das Steigen der Wassersäule im Glasrohre bequem für jeden Zeitabschnitt in Erfahrung gebracht werden.

Nachdem durch einige Vorversuche der Apparat geprüft und seine Zuverlässigkeit erprobt wurde, schritt ich in den ersten Tagen des Monates Juli (1853) zur Ausführung eines genauen Versuches.

Ich wählte zu diesem Zwecke mit Bedacht eine solche Pflanze, die bei der geringsten Ausdehnung ihres Stengels und ihrer Blattstiele das grösste Flächenmass der Blätter darbot. Es ist dies *Aristolochia Siphon*. Zwei behlätterte Zweige waren hinlänglich, um ein geräumiges Cylinderglas von 10675 C. M. Cub. Inhalt ziemlich anzufüllen.

Gerne hätte ich statt der abgeschnittenen Zweige eine unverletzte Pflanze zum Versuche genommen, doch ging dieses nicht an, und so musste ich mich begnügen, so wenig als möglich verletzte Pflanzentheile anzuwenden.

Die Pflanze selbst, von der die beiden Zweige herrührten, stand in der üppigsten Entwicklung. Alle Blätter an denselben waren voll-

kommen ausgebildet und trugen nicht die kleinste Makel an sich. Unmittelbar nachdem sie von dem im Freien des hiesigen botanischen Gartens stehenden Exemplare abgeschnitten waren, wurden sie in den besagten Glaseylinder gebracht und möglichst locker über einander aufgehäuft, was durch dazwischen eingebrachte Holzspäne leicht bewerkstelliget werden konnte.

Mit den beblätterten Zweigen zugleich wurde in einem hinlänglich weiten Gefässe eine genügende Menge Ätzkali (11—12 Grm.) in Stangenform eingeschlossen, und an der nach abwärts gekehrten Öffnung ein matt geschliffener Glasdeckel luftdicht angekittet. Die in diesem Deckel eingesetzte Glasröhre von ungefähr 10 Zoll Länge wurde mittelst Kautschuk an eine eben so dicke aber sechsmal so lange Röhre, welche mit einer doppelten (Volumen- und Höhen-) Scala versehen war, luftdicht angeschlossen und diese letztere mit ihrem unteren Ende ins Wasser gestellt. Die ganze Operation wurde, nachdem früher alles vorbereitet war, mit möglichster Beschleunigung zu Ende gebracht.

Der Glaseylinder mit der Versuchspflanze erhielt eine erhabene und feste Unterlage, so dass weder ein Schwanken möglich war, noch der Ablesung des Standes der Wassersäule im Glasrohre Unbequemlichkeiten in den Weg gelegt waren. Es ist begreiflich, dass die kleinsten Volumsveränderungen der eingeschlossenen Luft auf den Stand der Wassersäule im Rohre einwirken mussten. War nun dieses Letztere so beschaffen, dass man noch die zehnten Theile eines Cub. C. M. ablesen konnte, so war man dadurch in den Stand gesetzt, Einsicht in die geringsten Veränderungen zu nehmen, welche das besagte Luftquantum erlitt.

Es versteht sich von selbst, dass der Stand der Wassersäule im Glasrohre keineswegs die absolute Menge des durch die Pflanze consumirten Sauerstoffgases angeben konnte, da sowohl der Druck der gehobenen Wassersäule, als der von dem ursprünglichen Drucke verschiedene Druck der Luft, so wie der von jenen verschiedene Temperaturgrad auf die Ausdehnung und Zusammenziehung der eingeschlossenen Luft nicht ohne Wirkung sein konnte. Es war daher, um mit einander vergleichbare Zustände zu gewinnen, welche allein die Grösse des consumirten Sauerstoffgases angaben, unumgänglich nothwendig, die für jede einzelne Beobachtung entsprechende Correctur anzubringen, demzufolge Thermometer sowohl als

Barometer gleichzeitig beobachtet werden mussten. Die Thermometer-Beobachtungen hatte ich an einem ganz nahe am Glaseylinder angebrachten Instrumente selbst gemacht, die Barometer-Beobachtungen danke ich der gefälligen Mittheilung des Hrn. Dr. Kreil, Directors der meteorolog. Centralanstalt, die sich ganz in der Nähe des botanischen Gartens befindet.

Als die für den oben ausgesprochenen Zweck passendsten Beobachtungsstunden schienen mir die Stunden 5 Uhr Morgens und 8 Uhr Abends zu sein, welche den Tag zwar in zwei sehr ungleiche Hälften theilten, die jedoch Tag und Nacht ziemlich genau trennten, besonders wenn, wie es auch wirklich geschah, in der ersten Versuchszeit die Morgenbeobachtung schon um $\frac{1}{2}$ 5 Uhr gemacht wurde.

Der Versuch wurde durch 20 Tage fortgeführt und erst dann geschlossen, als die Blätter der *Aristolochia Sipo* anfangen fahl und theilweise selbst braun zu werden. Die Blätter hatten dabei ganz ihren Turgor verloren, waren weich, ja beinahe mürbe geworden. Das in dem offenen Gefässe beigegebene Ätzkali war in kurzer Zeit durch das aufgenommene Wasser, welches die Blätter exhalirten, flüssig geworden, und nach Beendung des Versuches fanden sich in der Lösung mehrere schöne Krystalle, welche sich als doppelt-kohlensaures Kali erwiesen.

Zu den in der nachstehenden Tabelle angeführten Beobachtungen und den daraus gezogenen Berechnungen mögen noch folgende Angaben dienen.

Um die eigentliche Luftmenge, welche zu Anfang des Versuches in dem angegebenen Raume mit den Pflanzen eingeschlossen war, zu erhalten, muss zu der Capacität des Glaseylinders von 10675 C. M. Cub. noch hinzugefügt werden die Capacität der mit demselben verbundenen Glasröhren, welche zusammen betragen 152 C. M. Cub. — Davon ist jedoch wieder abzuziehen, erstens das Glasgefäss mit dem Ätzkali, welches 54 C. M. Cub., und die in demselben freilich erst nach und nach angesammelte Flüssigkeit, welche 40 C. M. Cub. betrug, zweitens die Masse der eingeschlossenen Pflanzen selbst, welche 120 C. M. Cub. gleich war. Wir haben also $10675 + 152 = 10827$ C. M. Cub. weniger $54 + 40 + 120 = 214$ C. M. Cub., was 10613 C. M. Cub. als ursprüngliches Luftvolumen gibt.

In der beifolgenden Tabelle sind in den ersteren Columnen die beobachteten Zahlen, in der vorletzten die berechneten, d. i. auf

die ursprüngliche Temperatur, Barometerstand und auf das ursprüngliche Niveau der Wassersäule zurückgeführten Luftmengen und in der letzten Spalte die auf einander folgenden Unterschiede angegeben. Die Correction wurde nach der Formel

$$V = \frac{V' (b' - h) [1 + m (t - t')]}{b}$$

berechnet, in der V' das jedesmal beobachtete Volumen der Luft, b' den jedesmal beobachteten Barometerstand, b den ursprünglichen Barometerstand, beide in Mil. Met., h die Höhe der Wassersäule auf Quecksilber reducirt, t' die jenen entsprechende, t die ursprüngliche Temperatur und $m=0.00365$ den Ausdehnungscoefficienten der Luft für 1° C. bedeutet.

Zeit der Beobachtung	Beobachtungsstunde	Thermometerstand in C°	Auf 0° reducirt. Barometerstand in Mil. Met.	Beobachteter Stand der Wassersäule in		Volum der Luft in C. M. Cub.	Ab- und Zunahme des Luft-Volumens in C. M. Cub.	
				C. M. Cub.	M. M.			
4. Juli	Nachm. Abend	1 ³ / ₄ 8	22° 22°	748.597 747.943	0 12	0 97	10613 10490.6	0 — 122.4
5. "	Früh Abend	4 ¹ / ₂ 8	22° 22°	748.079 746.996	23 31	197 276	10377.7 10302.6	— 112.9 — 75.1
6. "	Früh Abend	4 ¹ / ₂ 8	21° 22°	746.860 746.635	39 43	361 406	10211.7 10120.7	— 90.9 — 91.9
7. "	Früh Abend	4 ¹ / ₂ 8	21° 23°	746.657 746.590	49 49.5	474 480	10081.2 10000.0	— 39.5 — 81.2
8. "	Früh Abend	4 ¹ / ₂ 8	22° 24°	746.973 747.176	56 55.3	557 549	9956.6 9895.8	— 44.4 — 60.8
9. "	Früh Abend	4 ¹ / ₂ 8	23° 25°	747.650 745.191	62.5 60	637 606	9840.8 9768.5	— 55.0 — 72.3
10. "	Früh Abend	5 8	25° 25°	744.695 741.695	66 61.5	682 625	9678.5 9700.0	— 90.0 + 21.5
11. "	Früh Abend	4 ¹ / ₂ 8	25° 24°	743.251 744.840	68.3 71	710 745	9627.4 9646.7	— 72.6 + 19.3
12. "	Früh Abend	4 ¹ / ₂ 8	24° 25°	745.665 745.687	82 83.5	887 907	9502.5 9446.0	— 144.2 — 56.5
13. "	Früh Abend	5 8	23° 25°	745.913 743.206	88.5 81	972 875	9447.4 9446.5	+ 1.4 — 0.9
14. "	Früh Abend	5 8	23° 24°	740.432 737.657	88 87	966 952	9337.2 9319.4	— 109.3 — 34.8
15. "	Früh Abend	5 8	24° 23°	740.093 740.161	93 96.7	1032 1080	9266.2 9248.2	— 53.2 — 18.0
16. "	Früh Abend	5 8	22° 24°	746.048 745.439	102.5 106.2	1157 1208	9280.2 9148.5	+ 32.0 — 181.7

Zeit der Beobach- tung	Beobachtungs- stunde		Ther- mome- ter stand in C°	Auf 0° reducirt. Barometer- stand in Mil. Met.	Beobachteter Stand der Wassersäule in		Volum der Luft in C. M. Cub.	Ab- und Zu- nahme des Luft-Volu- mens in C. M. Cub.	
					C. M. Cub.	M. M.			
17. Juli	Früh	5	22°	746·161	112	1285	9141·4	—	17·1
	Abend	8	24°	749·116	112·3	1291	9109·2	—	32·2
18. "	Früh	5	24°	747·763	114·3	1310	9069·4	—	39·8
	Abend	8	23°	745·325	111·7	1282	9033·0	—	36·4
19. "	Früh	5	24°	746·431	115·5	1331	9028·4	—	4·6
	Abend	8	24°	744·153	116·7	1348	8978·4	—	50·0
20. "	Früh	5	23°	742·800	120	1392	8944·4	—	34·0
	Abend	8	22°	743·003	124	1445	8926·6	—	17·8
21. "	Früh	5	21°	743·725	127·2	1490	8915·4	—	11·2
	Abend	8	22°	742·394	125	1459	8898·0	—	17·0
22. "	Früh	5	22°	743·341	125·7	1470	8899·6	+	1·6
	Abend	8	23°	744·356	122·7	1430	8924·5	+	24·9
23. "	Früh	5	22°	746·343	124	1445	8968·5	+	44·0
	Abend	8	22°	746·727	122	1419	9002·8	+	34·3

Man kann die hier erhaltenen Resultate über die in der Beobachtungszeit von 20 Tagen stattgefundene Luftverminderung nicht überblicken, ohne von der grossen Unregelmässigkeit der einzelnen Erfolge betroffen zu sein. Man darf nicht übersehen, dass in den Zahlen, welche die vorletzte und letzte Columnne geben, der Ausdruck der Luftmengen enthalten ist, wie er — die ursprünglichen Zustände bleibend gedacht — sich aus der absoluten Verminderung der anfänglichen Luftmenge ergeben hat.

Das Auffallende wird noch um so grösser, als man eine im Ganzen nicht bloss sehr schwankende Abnahme der bestehenden Luftmenge, sondern zugleich hie und da eine nicht unbedeutende Zunahme derselben bemerkt; ein Umstand, der nicht etwa in dem gänzlichen Stillstehen alles Verbrauches von Sauerstoff und einer vermehrten Ausscheidung von Kohlensäure auf Kosten des früher aufgenommenen Sauerstoffes der Luft, sondern in der Entwicklung von Luftarten, wahrscheinlich von Kohlensäure aus den Mitteln der Pflanze selbst seinen Grund haben konnte. Die auf die jedesmalige Luftvermehrung folgende meist sehr bedeutende Luftverminderung spricht für die Entstehung von Kohlensäure, die nach und nach wieder absorbiert wurde. Von einem durchgreifenden Unterschiede in dem Verhalten der Versuchspflanzen zur Tag- und Nachtzeit kann

eben so wenig etwas mit Sicherheit gefolgert werden, denn bald zeigte sich die Consumption des Sauerstoffes bei Tag, bald bei Nacht stärker.

Auffallend erweisen sich diesfalls der 7., 8. und 9. Versuchstag, wo auf eine starke Consumption bei Nacht ein Stillstand, ja sogar eine vermehrte Ausscheidung der Kohlensäure bei Tag erfolgte.

Im Ganzen dürfte daraus die Folgerung gezogen werden, dass überhaupt Aufnahme von Sauerstoff und Ausscheidung von Kohlensäure nicht Hand in Hand gehen, wie das rücksichtlich der Fettpflanzen aus einzelnen Versuchen schon von Saussure vermuthet wurde. Vergleicht man den Anfang mit dem Ende der Versuchszeit, so tritt als sehr schlagend die anfänglich sehr bedeutende Consumption von Sauerstoff dem sehr unbedeutenden Verbrauche zu Ende derselben entgegen. Es scheint aber dieses Verhalten weniger in der Beschaffenheit der Pflanzenorgane als in dem Umstande gesucht werden zu müssen, dass in einem verschlossenen Raume, wo kein Ersatz des verloren gegangenen Sauerstoffes möglich ist, zuletzt auch nicht mehr die nöthige Quantität dargeboten werden kann¹⁾.

Dass dadurch aber zugleich die letzten Spuren der, der Pflanze ursprünglich zukommenden Functionen gestört werden mussten, geht aus der Beschaffenheit der Pflanzensubstanz hervor, die sie am Ende des Versuches zeigte, und welche bereits die deutlichsten Spuren der beginnenden Zersetzung an sich trug. Dass unter solchen Umständen und bei Mangel des umgebenden Sauerstoffes sich Gasarten entwickeln mussten, die das nach und nach verminderte Luftvolumen wieder vergrösserten, war nicht anders als im Voraus zu erwarten. Die ununterbrochene Vermehrung des Luftvolumens in den letzten beiden Tagen kann nur auf solche Weise ihre Erklärung finden.

Auch die Frage, ob aller Sauerstoff der eingeschlossenen Luft nach Ablauf des Versuches consumirt wurde, lässt sich leicht beant-

¹⁾ Ohne Zweifel hatte hierauf das Verhältniss der Pflanzenmasse zum Volumen der Luft, die ein sehr ungünstiges, nämlich 1:82 war, Einfluss. Andere Experimentatoren, wie z. B. Grisehew, haben das Verhältniss von 1:193 oder gar 1:633 gesetzt. Das Verhältniss, welches Th. v. Saussure bei seinen später zu erwähnenden Versuchen zwischen dem Umfange der Pflanzensubstanz (Blätter) und der eingeschlossenen Luft festsetzte, war 1:49.

worten, wenn man das ursprüngliche Luftquantum von 10613 C. M. Cub. mit der nach dem 17. Tage, d. i. am 21. Juli Abends eingetretenen grössten Verminderung, welche 8898 C. M. Cub. betrug, vergleicht. Es ergibt sich hieraus eine Gesamtverminderung von 1715 C. M. Cub., die etwas mehr als den 6. Theil (6, 2) der ursprünglichen Menge beträgt, während etwas mehr als der 5. Theil Sauerstoff in ihr enthalten war. Es zeigt sich also, dass immer hier noch eine kleine Quantität Sauerstoff (513·73 C. M. Cub.) in der eingeschlossenen Luft enthalten war, die von den Pflanzen nicht mehr aufgenommen und wahrscheinlich später nur zur Bildung der Zersetzungsproducte theilweise verwendet werden konnte. Es kann nur noch die Frage entstehen, ob die Menge des Kali hinlänglich war, um die aus dem Sauerstoff der Luft gebildete Kohlensäure zu sättigen.

Wie erwähnt sind 1715 C. M. Cub. Sauerstoff verschwunden, diese haben eine eben so grosse Menge Kohlensäure gebildet, deren Gewicht 3·372 betrug. Zur Sättigung dieser Kohlensäure sind, wenn sich doppelt kohlensaures Kali, wie es hier der Fall war, bildet, nur 4·291 Grm. Kali nothwendig, während ich beiläufig 11 Grm. anwendete. Diese Quantität war also mehr als hinlänglich, um alle aus den Sauerstoff der eingeschlossenen Luft gebildete Kohlensäure, so wie jene, welche sich aus den Mitteln der Pflanze selbst bildete, zu absorbiren. Diese Absorption konnte freilich nur allmählig erfolgen, daher in jenem Falle, wo plötzlich eine grosse Menge von Kohlensäure sich bildete, diese nicht gleich absorbiert, und daher auf kurze Zeit eine Volumszunahme der Luft veranlassen musste.

Schliesslich möge noch eine Vergleichung der durch die Versuchspflanze aufgenommenen Menge Sauerstoff mit ihrem Umfange hier Platz finden. Theodor v. Saussure, der hierüber mehrere Versuche anstellte¹⁾ fand diese Verhältnisszahl bei verschiedenen Pflanzen sehr abweichend. Nach demselben nehmen Blätter von *Prunus armeniaca* und *Fagus sylvatica* in 24 Stunden das achtfache ihres Volumens Sauerstoff auf, *Solanum tuberosum* das 2·5-, *Viburnum Tinus*, das 2·23-, *Veronica Beccabunga* das 1·7-, *Buxus sempervirens* das 1·46-, *Cactus Opuntia* und *Sempervivum tectorum* das 1-, *Alisma plantago* das 0·7-, *Stapelia variegata* das 0·63- und *Agave ame-*

¹⁾ Recherches chimique sur la végétation 1804, p. 94.

ricana gar nur das 0·3fache ihres Volumens. — Grischow ¹⁾ fand bei beblättrten Zweigen von *Cheiranthus incanus* in 14 Stunden eine Aufnahme des Sauerstoffes, die das 1·3fache ihres Volumens betrug.

Vergleichen wir das Volumen unserer Versuchspflanzen 120 C. M. Cub. mit dem in 20 Tagen verzehrten Sauerstoff, so erhalten wir das 14·3fache, das auf 24 Stunden im Mittel nicht mehr als das 0·7fache beträgt, während es in den ersten 24 Stunden das 2·3fache, also ganz so wie bei *Lythrum Salicaria*, nach Saussure, beträgt. Da jedoch von dem Volumen von 120 C. M. Cub. nur 70 C. M. Cub. auf die Blätter entfällt, so wird eigentlich im Vergleiche zu den Saussure'schen Versuchen die *Aristolochia Siphon* das 4fache ihres Volumens Sauerstoff in den ersten 24 Stunden aus der Atmosphäre aufnehmen, was sich in den letzten 24 Stunden gerade auf den zehnten Theil dieser ersten Aufnahme beschränkt.

Fassen wir demnach die Hauptergebnisse in der vorstehenden Untersuchung in Kürze zusammen, so lassen sie sich folgendermassen formuliren:

1. Eingeschlossene Pflanzen nehmen bei Ausschluss des directen Sonnenlichtes stets Sauerstoff aus der Atmosphäre auf; sie machen aber in der Quantität der Aufnahme keinen Unterschied zwischen völliger Dunkelheit und dem zerstreuten Tageslichte.

2. Die Aufnahme des Sauerstoffes ist bei solchen Pflanzen am Anfange am stärksten, nimmt fortwährend aber unregelmässig ab, und endet mit der beinahe gänzlichen Consumption des Sauerstoffes.

3. Der Aufnahme des Sauerstoffes entspricht nicht immer eine eben so rasche Ausscheidung von Kohlensäure, so wie diese nicht immer von der Grösse der gleichzeitig erfolgten Aufnahme des Sauerstoffes abhängig ist.

Schliesslich erlaube ich mir noch anzuführen, dass ich ähnliche Versuche auch an beblättrten Zweigen von *Acer striatum* mit gleichem Erfolge anstellte. Ja schon nach 7 Tagen war sämmtlicher

¹⁾ Physikalisch-chemische Untersuchungen über die Athmungen der Gewächse und den Einfluss auf die gemeine Luft. Leipzig 1819. 8^o. p. 8.

Sauerstoff der Luft, die mit den Pflanzentheilen eingeschlossen wurde, verzehrt.

Um jedoch jeden Einwurf zu beseitigen, der daher rühren könnte, dass ich mit verletzten Pflanzentheilen operirte, habe ich den Versuch etwas modificirt, und zwar so, dass ich nicht wie meine Vorgänger einzelne Zweige einer im Topfe befindlichen Pflanze unter das mit Wasser oder Quecksilber abgesperrte Glasgefäss hineinbog, sondern den ganzen Topf sammt der Pflanze in dasselbe einschloss. Um es jedoch hierbei mit der Pflanze allein zu thun zu haben, musste der Topf bis über seinen Rand in ein passendes Glasgefäss eingesenkt und die Oberfläche mit zwei an einander schliessenden Glastafeln, die nur den Stengel der Pflanze einen Durchgang erlaubten, luftdicht verkittet werden. Erlangte die Pflanze vor ihrem Einschlusse die nöthige Menge Wassers, und war der Luftraum, in dem sie zu stehen kam, nicht zu unbedeutend, so liess sich ein von dem gewöhnlichen Zustande, in dem die Pflanze sonst lebte, nicht verschiedener Zustand erwarten. Die übrige Vorrichtung blieb, wie sie zuvor beschrieben wurde.

Ein Versuch, welchen ich auf diese Art mit einer mässig grossen Pflanze von *Pittosporum Tobira* anstellte, gelang auch vollkommen, und erst am 10. Tage nach Beginn desselben liess der Kitt des Topfes nach, was sich aus dem raschen Fallen der Flüssigkeit in der Röhre deutlich zu erkennen gab.

In Allgemeinen stimmte auch dieser Versuch mit den vorhergehenden überein, ein genaueres Detail bin ich jedoch nicht im Stande anzugeben, weil sich einige Lücken in der Beobachtung herausstellten. —

Nach diesen Ergebnissen war es mir nur noch erwünscht in Erfahrung zu bringen, auf welche Theile des Blattes der Angriff des Sauerstoffes der Luft vorzüglich stattfindet, ob nämlich beide Blattflächen zur Bildung der Kohlensäure gleichmässig beitragen oder ob eine derselben die andere überwiegt. Nach den Erfahrungen, die ich bei dem Vorgange der Transpiration machte, sollte auch bei diesem Processe ein Unterschied in den beiden Blattflächen wahrnehmbar sein. Ich wählte zur Entscheidung dieser Frage Blätter, die in Bezug auf ihren Bau der beiden Flächen namhafte Unterschiede zeigten, nämlich die Blätter von *Ficus elastica*. Es besitzen diese lederartigen Blätter bei einer Dicke von 0.61 M. M. auf der Ober-

seite gar keine Spaltöffnungen, während auf der Unterseite auf jeden $\square$ Mil. Met. 207 zu stehen kommen. Das Verhältniss des von der obern und von der untern Blattfläche in derselben Zeit und unter gleichen Umständen transpirirten Wassers verhält sich nach den von mir hierüber angestellten Versuchen wie 1 : 14·5. Es liegt also ein Grund vor zu vermuthen, dass auch bezüglich anderer gasförmigen Ausscheidungen ein ähnliches Verhältniss stattfindet.

Um dies in Erfahrung zu bringen, stellte ich folgenden Versuch an :

Es wurde ein mit der im Topfe befindlichen Pflanze in Verbindung gebliebenes ganz junges und noch nicht vollkommen entwickeltes Blatt auserkoren. An beiden Seiten desselben wurden zwei an der Spitze verschlossene Glastrichter mittelst flüssig gemachtem Baumwachs der Art luftdicht angekittet, dass sich beide Trichter genau gegenüber standen, und da sie von gleicher Grösse waren, an beiden Seiten des Blattes einen gleich grossen Raum einfingen. Diese Fläche betrug 1134 $\square$ Lin. und der Rauminhalt jedes Trichters 122 C. M. Cub.

Nun wurde in jedem dieser von der Luft abgeschlossenen und nur mit der einen oder mit der andern Blattfläche in Berührung stehenden Räume, Kalkwasser gebracht, das in flachen Uhrgläsern, die früher dahin gestellt wurden, Platz fand.

Schon beim Einfüllen des Kalkwassers, welches durch ein Filtrum geschah und nur allmählich und langsam bewerkstelliget werden konnte, zeigte es sich, dass die in 122 C. M. Cub. atmosphärischer Luft enthaltene Kohlensäure, welche dem Volumen nach nicht mehr als 0.6 Mil. Met. Cub. betragen konnte, bald von demselben aufgenommen wurde, was sich durch die Bildung eines äusserst zarten Häutchens in den beiden Räumen zu erkennen gab.

Zugleich war zu bemerken, dass die Bildung des Häutchens von kohlensaurem Kalk nur anfänglich erschien und beim weiteren Nachfüllen sich nicht mehr vergrösserte.

Während des Tages, d. i. von 10 Uhr Morgens bis 6 Uhr Abends, bei Einwirkung des directen Sonnenlichtes auf die Pflanze, war keine weitere Veränderung zu beobachten.

Über Nacht war aber zu nicht geringem Erstaunen die Sache ganz anders geworden. An jener Seite, welche der Unterfläche des Blattes entsprach, war eine starke Kalkkruste erkennbar, indess an

der entgegengesetzten Seite nicht die geringste Spur der Vermehrung des ursprünglichen Kalkhäutchens zu entdecken war.

Es geht somit aus diesem Versuche hervor, dass die Blattflächen in Bezug auf Aufnahme des Sauerstoffes und Abgabe der Kohlensäure sich nicht gleich verhalten, und dass die Unterseite derselben wie bei der Transpiration auch hier die wirksamere ist.

III.

Versuche über die Function der Luftwurzeln der Pflanzen.

Wenn, wie ich nachgewiesen zu haben glaube, die Blätter der Pflanzen bei Zufuhr wässriger Nahrungsmittel sich unthätig verhalten, so muss dieses für letztere so wichtige Geschäft ausschliesslich den Wurzeln zugeschrieben werden. Für jene Wurzeln, welche sich in der Erde befinden, wie das bei der Mehrzahl der Gewächse der Fall ist, ferner für Wurzeln, welche sich im Schlamm und Wasser entwickeln und ausbreiten, kann es wohl nicht in Zweifel gezogen werden, dass sie die eigentlichen Organe der Zufuhr von wässrigen Nahrungsmitteln so wie von Wasserdunst sind. Allein es könnte in Zweifel gezogen werden, ob jene Wurzeln, die für eine Zeit des Lebens oder für immer die Bestimmung haben in der Luft zu existiren, die man desshalb auch Luftwurzeln genannt hat, sich eben so des Wasserdunstes der Atmosphäre zu bemächtigen im Stande sind, wie jene Wurzeln, die sich zwischen den lockeren Erdtheilehen befinden. Jedenfalls müssen die Luftwurzeln für die gleiche Function in der Luft, soll dieselbe ungehindert und unter allen Umständen stattfinden können, eigens organisirt sein. In den meisten Fällen ist diese Verschiedenheit im anatomischen Baue allerdings in die Augen fallend, und wo dieses nicht der Fall ist, wie bei sehr zarten Luftwurzeln, ist die Pflanze an eigene Standorte angewiesen, welche ihre Fortdauer sowohl, als ihre Thätigkeits-Äusserungen möglich machen.

Das Auffallendste bei derlei mit Luftwurzeln versehenen Pflanzen ist, dass ihre eigentlichen Wurzeln, welche sich in die Unterlage verbreiten, klein und unansehnlich und häufig in gar keinem Verhältnisse zu dem Nahrungsbedarfe derselben stehen. Diese Pflanzen sind daher gewissermassen auf die Luftwurzeln bei Zufuhr von Nah-

rungsmitteln, namentlich von Wasser und der in demselben gelösten Stoffe angewiesen, ja in manchen Fällen, wo die unterirdischen Wurzeln ganz oder grösstentheils unthätig sind, oder wo sie ganz fehlen (absichtlich oder zufällig), scheint die Pflanze ihren ganzen Nahrungsbedarf einzig und allein durch ihre Luftwurzeln zu erhalten. Es ist also von dieser Seite aus, kaum zu bezweifeln, dass die Zufuhr von Wasser, welche sich für alle Functionen der Ernährung unumgänglich nothwendig erweist, sicher durch die Luftwurzeln bewerkstelligt wird. Es dürfte daher die Frage weniger nach der Möglichkeit als nach der Art und Weise und den quantitativen Verhältnissen, die dabei stattfinden, zu richten sein.

In dieser Beziehung habe ich einige Versuche angestellt, welche zeigen sollen, wie gross diese Zufuhr an Wasserdunst bei solchen Pflanzen durch die Luftwurzeln sein kann, wobei natürlich der jedenfalls sehr unbedeutende Gewinn an Kohlensäure, Ammoniak u. s. w. durch die Blätter unberücksichtigt gelassen werden musste.

I. Versuch.

Ein hinlänglich beblättertes und vollkommen gesund aussehendes Exemplar von *Anthurium violaceum*, welches in einem Topfe stand, wurde sammt demselben in einen Glastopf eingesenkt und die Öffnung, mit Ausnahme des Stengels, für welche eine kleine Durchgangsstelle übrig blieb, durch zwei an einander passende halbkreisförmige Glasplatten verschlossen. Dieselben wurden durch einen Kitt aus Baumwachs nicht blos unter sich und mit dem breiten Rande des Glastopfes, sondern auch mit dem Stengel der Pflanze der Art vereinigt, dass dieser Verschluss luftdicht genannt werden konnte. Der ganze Stengel mit seinen zahlreichen Luftwurzeln war somit frei, nur seine eigentlichen Wurzeln waren mit der Erde, in der sie sich befanden von der Luft abgeschlossen. Noch bevor die Pflanze eingeschlossen wurde, ward sie gehörig befeuchtet, und dies durch die ganze Versuchszeit nicht mehr wiederholt. Um übrigens an dem Befinden der Pflanze nichts weiter zu ändern, wurde dieselbe in dem Gewächshause an dieselbe Stelle wieder hingestellt, wo sie sich zuvor befand.

Durch Wägungen, welche auf einer empfindlichen Wage von Zeit zu Zeit vorgenommen wurden, liess sich selbst der kleinste Verlust und die kleinste Zunahme erkennen, und dieselben konnten, wie

leicht begreiflich, nur der Ab- oder Zunahme von Wasser zugeschrieben werden. Da die Blätter an der Aufnahme keinen, wohl aber an der Abgabe einen bedeutenden Antheil nehmen, so ergab sich in der jedesmaligen Gewichts-Ab- oder Zunahme, der Unterschied der entgegengesetzten Thätigkeit der Blätter und der Luftwurzeln und somit auch die absolute Ab- oder Zunahme für die Pflanze. Der Erfolg war, wie sich aus nachstehender Übersicht ergibt, folgender:

Zeit des Versuches	Dauer des Versu- ches in Tagen	Abnahme des Gewich- tes in Grm.	Zunahme des Gewich- tes in Grm.	Aussehen der Pflanze während der Versuchs- zeit	Bemerkungen	
24—27. Novemb. 1832	3	1·3	—	Hatte beiganz frischem Aussehen neue Luft- wurzeln getrieben.	Der etwas lose gewordene Kitt wurde neu befesti- get.	
27. Nov. bis 2. December	5	3·4	—			
2.—10. Dec.	8	6·8	—			
10.—21. Dec.	11	14·5	—			
21. Dec. bis 9. März 1833	78	30·7	—	Die Luftwurzeln alle kräftig, die Pflanze gesund.		
9. — 18. März 1833	9	5·31	—			
18. März bis 14. April	27	13·9	—			
14.—29. April	15	144·93	—	Die Blätter verloren ihren Turgor und sahen sehr welk aus.		
29. April bis 11. Mai	12	5·0	—	Die Blätter waren noch mehr welk.		
11.—28. Mai	17	7·5	—	Ungeachtet die Pflanze blühte, sahen die Blätter doch welk aus, und es waren nur wenige neue Luftwurzeln hinzu- gekommen; alle äl- teren bereits stark welk u. einige ganz vertrocknet.		
28. Mai bis 11. Juni	14	5·2	—	Wie früher.	Neu verkittet.	
Fürtrag	199	238·34	—			

Zeit des Versuches	Dauer des Versu- ches in Tagen	Abnahme des Gewich- tes in Grm.	Zunahme des Gewich- tes in Grm.	Aussehen der Pflanze während der Versuchs- zeit	Bemerkungen
Übertrag	199	238·54	—	Hat 2 Blätter verloren, die übrigen ohne Turgor. Die Blüten so wie die neuen Luftwurzeln frisch. Alle übrigen 9 Blätter etwas welk. Einige Luftwurzeln noch frisch, die meisten vertrocknet.	Verschluss gut.
11. Juni bis 16. Juli	5	1·67	—		
16. Juli bis 14. October 1853	90	24·74	—		
	294	264·95	—		

Die Pflanze hatte also während der Zeit von 294 Tagen Nichts an Gewicht gewonnen, sondern vielmehr, zusammengekommen, 204·95 Gramm verlor.

Nach Beendigung des Versuches war die Erde in dem verschlossenen Topfe keineswegs ganz trocken, sondern noch mit einiger Feuchtigkeit versehen. Es zeigte sich hiedurch, dass die ursprüngliche Menge des Wassers nicht hinreichte um das Gleichgewicht zwischen den durch die Blätter fortwährend erlittenen Verlust und der durch die Luftwurzel bedingten Aufnahme von Wasser herzustellen und zu erhalten.

Pflanzen, wie das Anthurium, müssen also zu ihrem Gedeihen auch noch aus der Erde, wie andere Pflanzen, grosse Mengen Wassers erhalten.

II. Versuch.

Anders wurde mit einer Pflanze, die sich durch reiche Luftwurzeln auszeichnet, nämlich mit *Epidendron elongatum*, einer in den Gewächshäusern sehr verbreiteten Orchidee verfahren. Es wurde ein mässig starkes Individuum mit einem Dutzend Blätter an ein Aststück mit Bleidraht angebunden und im Orchideen-Hause mit den übrigen Geschlechtsverwandten in der Luft aufgehangen. Um durch die Wägungen ein sicheres Resultat zu erlangen, das nicht zum Theile durch die Beschaffenheit der Unterlage bedingt sein konnte, musste

diese für Aufnahme und Abgabe von Wasserdunst, d. i. für irgend eine Gewichtsveränderung unempfindlich gemacht werden, was durch einen mehrmaligen Anstrich mit Ölfarbe bewerkstelligt wurde. Dieses angestrichene Aststück war übrigens durch längere Zeit im Gewächshause liegen geblieben und erst dann, als sich der Ölgeruch desselben bereits verloren hatte, die genannte Pflanze locker angebunden worden. Um auch jetzt noch sicher zu sein, dass diese der Pflanze jedenfalls fremde Unterlage nicht nachtheilige Folgen für dieselbe hervorbringe, welche irriger Weise auf andere Umstände hätten geschoben werden können, liess ich die Pflanze erst durch 6 Wochen sich an dieselbe gewöhnen und beobachtete ihr Verhalten. Sie entwickelte 2 neue Triebe und mehrere Luftwurzeln, während alle älteren Luftwurzeln, die sie besass, als sie an dies Aststück angebunden wurde vertrockneten. Am 16. Juli 1853 wurde sie sammt ihrer Unterlage gewogen und wieder an ihren vorigen Ort gebracht.

Die Pflanze wollte nicht gedeihen, ja sie verkümmerte vielmehr sichtlich Woche für Woche.

Am 14. October, also nach 90 Tagen, wurde sie wieder gewogen, ihr Gewicht hatte, wie vorauszusehen war, nicht zugenommen, sondern vielmehr abgenommen. Der Gewichtsverlust betrug 2.72 Grm. Die Pflanze war dabei sehr verkümmert, die meisten Luftwurzeln sahen welk aus und selbst die wenigen neuen Blätter, die sich während dieser Zeit entfaltet hatten, hatten ein solches Ansehen.

Aus diesem Verhalten lässt sich wohl noch kein Schluss für die Function der Luftwurzeln der Orchideen ableiten, um so weniger als man unter ganz ähnlichen Umständen, wo die Unterlage direct sicher nichts zur Zuführung der Nahrung beitragen kann, das beste Gedeihen solcher Pflanzen zu beobachten im Stande ist.

III. Versuch.

Gelungener lässt sich folgender Versuch ansehen, der ganz so und unter ähnlichen Umständen, wie der vorhergehende, mit einem fingerlangen Stücke einer *Spironema fragrans*, das von einer ausgewachsenen Pflanze abgeschnitten ward, ausgeführt wurde. Diese Zweigspitze hatte 4 Blätter ¹⁾ mit einem fünften ganz jungen Blatte,

¹⁾ Der beigelegte Holzschnitt zeigt die Versuchspflanze am Ende des Versuches. Die Bezifferung deutet die Blattfolge an. Von Blatt 3 an ist alles in Jahresfrist entstanden.



dessen Spitze man eben ansichtig wurde und ausserdem einige zarte Luftwurzeln. Die Schnittfläche wurde, nachdem die Pflanze an ein $\frac{1}{2}$ Fuss langes und anderthalb Zoll dickes mit Ölfarbe angestrichenes und gefirnissetes Aststück mit Bleidrath angebunden war, darum nicht verklebt, weil dies nach Erfahrung die Wunde für die Folgezeit nicht geschützt haben würde. Bald vertrocknete die Schnittfläche etwas und schloss sich von selbst. Die Pflanze blieb auf dieser ihrer Unterlage übrigens an demselben Orte, wo sie sich früher befand, und wurde nur zum Behufe der vorzunehmenden Wägungen von Zeit zu Zeit und nicht ohne gehörigen Schutz in das nahe Local des botanischen Museums gebracht.

Es währte lange, bis nicht nur keine Verminderung des Turgors, sondern eine deutliche Zunahme desselben bemerkt werden konnte.

Es geschah dies erst, als mit der Entwicklung neuer Luftwurzeln auch ein Wachsthum der Blätter eintrat. Im weiteren Detail verhielt sich die Pflanze folgendermassen:

Zeit des Versuches	Dauer des Versu- ches in Tagen	Abnahme des Gewich- tes in Grm.	Zunahme des Gewich- tes in Grm.	Aussehen der Pflanze während der Versuchs- zeit	Bemerkungen
9.—18. März 1853	9	0.350	—	Ein deutliches Wachs- thum an den inner- sten Blättern wahr- zunehmen. Keine neuen Luftwurzeln, die ältern troekner als zuvor. Voll neuer Luftwur- zeln.	
18. März bis 14. April	27	—	1.605		
14.—29. April	15	—	2.47		
Fürtrag	51	0.350	4.075		

Zeit des Versuches	Dauer des Versu- ches in Tagen	Abnahme des Gewich- tes in Grm.	Zunahme des Gewich- tes in Grm.	Aussehen der Pflanze während der Versuchs- zeit	Bemerkungen
Übertrag	31	0·330	4·073		
29. April bis 11. Mai	12	—	2·46	Die Luftwurzeln noch mehr entwickelt, die Spitze derselben mit dichten weissen Haaren bekleidet.	
11.—28. Mai	17	0·002	—	Nach der Übertragung behufs der Wägung wurden nach dem 11. Mai alle Luftwur- zeln nach und nach welk u. verschrumpf- ten bis 28. Mai ganz.	
28. Mai bis 11. Juni	14	—	4·27	Neue Luftwurzeln ent- wickelten sich in grosser Zahl. Zu- gleich hatte sich bis jetzt das inner- ste Blatt entfaltet und ein neues zu bilden angefangen.	
11. Juni bis 16. Juli	35	—	2·76	Es waren wieder neue Luftwurzeln er- schienen. Die Blät- ter sowohl als der Stengel in allmähli- cher Vergrösserung begriffen.	
16. Juli bis 14. October 1853	90	7·05	—	Die Pflanze hatte nun 8 entwickelte Blät- ter, die Luftwurzeln an der Spitze so wie sämmliche Blätter sehr welk.	Im Gewächs- hause, wo sich d. Pflan- ze befand zieml. kalt.
14. Octob. bis 23. Febr. 1854	132	—	18·17	Alle Blätter etwas stärker, nebst 2 neuen mit ihren Spitzen hervortre- tend, 1 Blatt abge- fault und entfernt.	
23. Febr. bis 9. März 1854	14	3·11	—	Die Pflanze sammt den Luftwurzeln gesund; ein zweites Blatt von Fäulniss ergriffen.	
	365	10·512	31·735		

Die Pflanze hatte somit in Jahresfrist, während welcher Zeit ihr Stamm sich verlängerte und vier neue Blätter erhielt, zusammen 21·223 Grm. an Gewicht gewonnen. Diese Zunahme konnte nur durch Aufnahme luftförmiger Nahrung, welche sie assimilirte und zur Bildung innerer Theile verwendete erfolgt sein. Es beträgt dies, ihr ursprüngliches Gewicht zu 10·012 Grm. genommen, mehr als noch einmal so viel.

Man sieht also, dass eine Ernährung der Pflanzen lediglich durch die atmosphärische Luft nicht nur möglich, sondern dass die Substanzzunahme selbst unter den ungünstigsten Umständen nicht unbeträchtlich ist, und zur Vermuthung berechtigt, dass unter günstigen Verhältnissen der Einfluss der Luft auf die Ernährung der Pflanzen grösser ist, als wir bisher vermutheten. Hierbei haben sich wenigstens für die Zufuhr von Wasserdunst die Luftwurzeln so thätig erwiesen, dass sie den durch die Blätter nothwendig erfolgenden Verlust nicht nur deckten, sondern stets einen nicht geringen Überschuss hervorbrachten.

Beitrag zur Anatomie von Herotis Ehrenbergii.

Von Prof. Hyrtl.

(Auszug aus einer für die Denkschriften bestimmten Abhandlung mit 3 Tafeln.)

Der Inhalt dieser Schrift betrifft, nebst einer vergleichenden Darstellung der Osteologie von *Heterotis Ehrenbergii* und *Osteoglossum formosum*, vorzugsweise jene inneren Organe des ersteren, deren Anatomie bisher wenig oder gar nicht bekannt war.

Hierher gehört vor Allem das accessorische, schneckenförmige Organ der Kiemen. Es besitzt die Gestalt einer Tellerschnecke, von mehr als einem Zoll Durchmesser, welche, von der Kiemenspalte aus gesehen, genau 6 Windungen zeigt, und aus einem knorpeligen, vom mittleren und oberen Gelenkstück des vierten Kiemenbogens (nicht des zweiten, wie es bei Cuvier heisst, oder des dritten, nach Valenciennes) ausgehenden Rohre besteht, dessen grosse Eingangsöffnung gegen die vierte Kiemenspalte sieht. Von innen aus gesehen, zeigt

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1854

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Unger Franz Joseph Andreas Nicolaus

Artikel/Article: [Beitrgäe zur Physiologie der Pflanzen. 367-396](#)