

IV.

Ueber die Herkunft des Kohlenstoffs der Pflanzen.¹⁾

Von

Dr. J. W. Moll.

Es ist allgemein bekannt, dass die grüne Pflanze mit ihren Blättern Kohlensäure zersetzt und dabei Sauerstoff aushaucht; der Kohlenstoff wird zum Aufbau des Pflanzenleibes verwendet.

Eine andere Frage ist es aber, woher die Pflanze die zu ihrer Entwicklung nothwendige Kohlensäure aufnimmt. Kann die relativ kleine Menge dieses Gases, die sich stets in der Atmosphäre vorfindet, direct von den Blättern aufgenommen und zersetzt werden?

Oder wird vielleicht aus dem Boden Kohlensäure von den Wurzeln aufgesaugt und dann durch Stengel und Blattstiele zu den Blättern geführt, um in diesen ihren Kohlenstoff abzugeben?

Selbstverständlich kann eine dritte Kohlensäurequelle für die Pflanzen nicht bestehen, aber es ist keineswegs von vorneherein unmöglich, dass sowohl die Atmosphäre, wie der Boden, beide einen Theil des Kohlenstoffbedarfs der Pflanze liefern. Der experimentelle Beweis, dass die Blätter die spärlich in der atmosphärischen Luft vertheilte Kohlensäure direct aufnehmen können, ist von mehreren Forschern geliefert worden. Die bezügliche Literatur findet man in meiner ausführlicheren Abhandlung zusammengestellt.

Dazu gibt es noch einige allgemein bekannte Thatsachen, die den Nachweis liefern, dass die Kohlensäure der Atmosphäre vollkommen genügt, um die Pflanzen ihren normalen Entwicklungskreis vollenden zu lassen.

Erstens ist es ganz gewiss, dass die Anwesenheit von lebenden Pflanzen den Kohlenstoffgehalt des Bodens bedeutend vermehrt. Man denke nur an die schwarze, humusreiche Erdkruste, die jeden Sandboden bedeckt, welcher, sich selbst überlassen, seit einiger Zeit mit Moos- oder

1) Der vorliegende Aufsatz ist ein Auszug aus einer ausführlicheren Abhandlung, die in den Landwirthschaftlichen Jahrbüchern (herausgegeben von NATANUS und THIEL, VI, Jahrgang 1877) abgedruckt wurde. Der Gegenstand dieser Abhandlung ist eine experimentelle Untersuchung, die ich im Sommer des Jahres 1876 im pflanzenphysiologischen Institut der Universität Würzburg machte.

Haidepflanzen bewachsen war. Es ist klar, dass dieser Kohlenstoff von den Pflanzen der Atmosphäre entnommen wurde.

Es mag also als sicher gelten, dass dem normalen Kohlenstoffbedarf der Pflanzen vollkommen genügt werden kann, ohne dass vermittelt der Wurzeln dieses Gas dem Boden entnommen zu werden braucht. Dabei aber ist es keineswegs von vorneherein gewiss, dass die Wurzeln die Fähigkeit besitzen, Kohlensäure aus dem Boden aufzunehmen, ja sogar sind einige Thatsachen vorhanden, die dies, wenigstens unter gewissen Umständen, als nicht wahrscheinlich erscheinen lassen. Da jede Wurzel während ihres Lebens fortwährend Sauerstoff aus ihrer Umgebung aufnimmt, um dafür Kohlensäure abzugeben, so wird sie auch fortwährend etwas Kohlensäure in ihren Säften gelöst haben, ja möglicherweise soviel, dass die Diffusion dieses Gases aus dem Boden in die Wurzeln nicht stattfinden kann.

Dennoch lässt es sich nicht verkennen, dass unter anderen Umständen, namentlich in einem sehr kohlenstoffreichen Boden, die Möglichkeit der Kohlensäureaufnahme durch die Wurzeln keineswegs ausgeschlossen wäre.

Zunächst die Wurzeln cultivirter Pflanzen leben in einem solchen Boden; die in ihm enthaltene Luft kann, wie bekannt, bis 9 % Kohlensäure enthalten, d. h. ungefähr 480 Mal mehr als die atmosphärische Luft. Diese Kohlensäure rührt zum grössten Theile von den organischen Düngungs-substanzen her. Es konnte also die Vermuthung nicht fern liegen, dass die Düngung mit organischen Substanzen vorthellhaft sei, weil sie den Wurzeln eine ausgiebige Quelle der Kohlensäure anbietet. Es könnte diese Kohlensäure, in die grünen Blätter geführt, daselbst zu einer ausgiebigeren Kohlensäurezersetzung Veranlassung geben, als wenn die Blätter dieses Gas ausschliesslich aus der umgebenden Luft schöpfen müssen. Somit könnte die dem Boden entnommene Kohlensäure von einem üppigeren Wachstum und von einer reicheren Ernte die Ursache sein. Wie zu erwarten war, hat diese Vorstellung unter den Naturforschern ihre Vertreter gefunden, wie ich in meiner oben genannten Abhandlung ausführlich gezeigt habe.

Dennoch hat keiner es bis jetzt unternommen, diese Frage experimentell zu lösen, und schien es demnach in erster Linie nothwendig, eine experimentelle Basis zur weiteren Untersuchung der diesbezüglichen Verhältnisse zu gewinnen. Das war also der Zweck meiner Arbeit.

Ohne Weiteres ergibt sich dann, dass die erste hier zu lösende Frage diese ist: Können die Blätter einer Pflanze die Kohlensäure zersetzen, welche den Wurzeln derselben Pflanze zur Verfügung gestellt wird?

Ob die Wurzel Kohlensäure aus dem Boden aufnehmen kann, und ob die Kohlensäure, wenn sie aufgenommen wird, aus der Wurzel zu den Blättern geführt werden kann, sind zwei Fragen, deren Lösung erst

vorgenommen werden muss, wenn die Hauptfrage ihre Antwort gefunden hat. Ich erwähne sie hier nur deshalb, um diese Hauptfrage deutlicher hervortreten zu lassen.

Ich habe mich nun bei meiner Untersuchung vorwiegend auf die von SACHS gemachte Entdeckung gestützt, dass die Stärke in den Chlorophyllkörnern als das erste sichtbare Product der Kohlensäurezersetzung betrachtet werden muss. Die Kenntniss dieser Thatsache macht auch die Ausführung einer Untersuchung wie die vorliegende in mancher Hinsicht leichter, als das früher der Fall war. Man braucht jetzt nur zu untersuchen, ob Stärke in den Chlorophyllkörnern eines vorher stärkefreien Blattes vorhanden ist, um daraus mit Gewissheit schliessen zu können, dass in einem solchen Blatte Kohlensäure zersetzt worden ist. Ich konnte also meine Frage in der Weise abändern, dass sie also lautete: Können die Blätter Stärke bilden auf Kosten der Kohlensäure, welche den Wurzeln zur Verfügung steht?

Wenn man aber Versuche zur Lösung dieser Frage anstellen soll, so muss man sich allererst die Vegetationsbedingungen klarzulegen suchen, unter denen sich eine Pflanze in der Natur befindet. Dabei ist zu bedenken, dass ein Blatt in der freien Luft eine Umgebung besitzt, deren Kohlensäuregehalt wir als constant betrachten können. Weder die Kohlensäure, welche das Blatt aufnimmt, noch die Kohlensäure, welche es unter Umständen aushaucht, werden irgend eine erhebliche Aenderung in dieser Beziehung verursachen können. Daraus folgt, dass man die Blätter, welche zu diesen Versuchen dienen sollen, in jener Hinsicht auch genau unter dieselben Umstände bringen muss.

Diesen Zweck kann man nun auf zwei Wegen leicht erreichen. Erstens kann man die Blätter in der freien Luft verweilen lassen. Zweitens aber kann man sie in eine durch Kalilauge fortwährend kohlenstofffrei gehaltene Luftmenge bringen, deren constanter Kohlensäuregehalt also gleich Null ist. Nie aber darf man solche Blätter in ein beschränktes Quantum Luft ohne Kalilauge führen. Dessen Kohlensäuregehalt wird ja in Folge der Anwesenheit des Blattes selbst fortwährend erheblich wechseln und es werden also auch fortwährend wechselnde Diffusionsbedingungen hervorgerufen. Ohne weiteres führen uns diese Betrachtungen zu einem einfachen Versuche. Man bringt ein stärkefreies, aber mit der bewurzelten Pflanze verbundenes Blatt in einen abgeschlossenen, mit Luft gefüllten Raum, wo sich auch Kalilauge vorfindet, indem die Wurzel ausserhalb dieses Raumes in humusreicher Erde verweilt. (Erste Versuchsreihe.)

Es fragt sich, ob in dem Blatte, unter diesen Bedingungen ans Licht gebracht, sich Stärke bilden wird. Die auf diese Weise gemachten Versuche haben mich ohne Ausnahme gelehrt, dass im kohlenstofffreien Raum nie Stärkebildung stattfindet.

Demnach schien es wünschenswerth, den Kreis der Beobachtungen

zu erweitern, und es dadurch möglich zu machen, die beobachteten That- sachen von einem etwas allgemeineren Gesichtspunkte aus ins Auge zu fassen. Darum beschloss ich zu untersuchen, ob die Kohlensäure, die irgend einem beliebigen Pflanzentheile (er sei um Wurzel, Stengel oder Blatttheil) zur Verfügung steht, in einem mit ihm verbundenen Blatte oder Blattstücke Stärkebildung hervorrufen kann, wenn dieses Blatt oder Blattstück sich in einem fortwährend kohlenstofffrei gehaltenen Raume befindet.

Auch hier können ganz einfache Versuche die Frage zur Lösung bringen. Es genügt zum Beispiel, die Spitze eines Blattes in einen abgeschlossenen Raum zu bringen, in dem die Luft durch Kalilauge kohlenstofffrei gehalten wird. Die Basis desselben Blattes mit oder ohne Blattstiel und Stengel braucht dann nur in Luft zu verweilen, die reichlich Kohlensäure enthält (in meinen Versuchen etwa 5%). War das Blatt stärkefrei, so wird auch jetzt wieder die zu beantwortende Frage diese sein: Kann die Blattspitze im kohlenstofffreien Raum Stärke bilden, auf Kosten der Kohlensäure, die der Blattbasis und dem Blattstiele oder Stengel zugefügt wurde?

Von diesen Versuchen habe ich zwei Reihen gemacht, deren Einrichtung etwas verschieden war (zweite und dritte Versuchsreihe). Sie führten im Zusammenhang mit denen der ersten Versuchsreihe zu dem Resultate, dass in einem kohlenstofffreien Raum ein Blatt oder Blattstück niemals Stärke bilden kann auf Kosten der Kohlensäure, die einem beliebigen anderen Theile derselben Pflanze überflüssig zur Verfügung steht.

Dies genügte mir aber noch nicht. Ohne Zweifel war nach dem Vorgehenden der Beweis geliefert, dass unter den beschriebenen Bedingungen in einem Blatte sehr wenig, oder besser unsichtbar wenig Stärke entstehen kann. Dennoch war es denkbar, dass in diesen Versuchen sich äusserst geringe Spuren von Stärke gebildet hätten, aber so wenig, dass die bekannte genaue Reaction nicht genügte, sie sichtbar zu machen. Auch war es zum Beispiel möglich, dass in kohlenstofffreier Luft in einem gewissen Zeitraum eben so viel Stärke in den Chlorophyllkörnern entstand, als in derselben Zeit aus ihnen weggeführt wurde. Auch in diesem Falle würde also die stattfindende Kohlensäurezersetzung vermittelt Jodeinwirkung nie nachzuweisen sein. Vielleicht konnte aber eine solche minimale Stärkebildung auf indirectem Wege sichtbar gemacht werden. Wenn ein stärkefreies Blatt in der atmosphärischen Luft dem Sonnenlichte ausgesetzt wird, so wird nach einiger Zeit ein wenig Stärke in den Chlorophyllkörnern entstanden sein. Nach bestimmten Zeitintervallen Theile eines solchen Blattes auf Stärke untersuchend, wird man also erfahren können, wann diese anfängt, sich zu zeigen, und wie sie sich langsam vermehrt.

Nun wäre es möglich, dass unter diesen Umständen die Stärke sich schon früher zeigen würde, wenn ein beliebiger, mit dem untersuchten Blatte organisch verbundener Pflanzentheil in einem Medium, viel reicher an Kohlensäure als die Atmosphäre, sich aufhielt. Wenn auch die den benachbarten Pflanzentheilen zugeführte Kohlensäure für sich keine sichtbare Stärkebildung in einem Blatte verursachen kann, so würde doch vielleicht auf diese Weise genug Stärke sich bilden können, um mit der in gewöhnlicher Luft entstehenden Stärke zusammen schon nach kürzerer Zeit eine sichtbare Reaction zu verursachen, als wenn das Blatt seine Kohlensäure ausschliesslich aus der Luft schöpfen müsste.

Die experimentelle Prüfung dieser Hypothese fand auf folgende Art statt (vierte Versuchsreihe).

Ein abgesechnittenes und stärkefreies Blatt wurde der Länge nach halbirt. Die eine Hälfte blieb ganz in der freien Luft und wurde dem Sonnenlichte ausgesetzt. Die andere Hälfte, mit der Blattstiel und Mittelnerven in Verbindung gelassen waren, wurde mit ihrer Basis in einen Raum geführt, wo die Luft 5 % Kohlensäure enthielt. Die Spitze dieser Blatthälfte blieb dagegen in der freien Luft verweilen. Nach $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ u. s. w. Stunden wurden die Spitzen beider Blatthälften auf Stärke untersucht.

Es fragte sich nun, ob je in der Spitze der Blatthälfte, deren Basis in kohlenäurereicher Luft war, sich Stärke zeigen würde, wenn die andere Hälfte noch gar keine enthielt.

Die Antwort war auch hier ohne Ausnahme eine negative; in beiden Blatthälften trat die Stärke gleichzeitig auf und vermehrte sich auch auf vollkommen gleiche Weise.

Es kann also die irgend einem Pflanzentheil im Ueberfluss zugeführte Kohlensäure die Stärkebildung eines benachbarten Blattes oder Blatttheiles, in der freien Luft, nie beschleunigen, ebensowenig wie diese Kohlensäure für sich Stärkebildung veranlassen kann.

Schliesslich schien es mir nicht unwichtig, sei es auch nur zur Bestätigung meiner Resultate, noch ein Paar Versuche mit bewurzelten Pflanzen anzustellen, deren Blätter sich in der freien Luft befanden (fünfte Versuchsreihe).

Dazu wurde ein Theil eines stärkefreien Blattes abgesehnt. Der andere Theil blieb mit der in humusreicher Erde eingewurzelten Pflanze in Verbindung. Beide Theile wurden wieder gleichzeitig dem Lichte ausgesetzt und nach bestimmten Zeitintervallen Stückehen auf Stärke untersucht. Wie zu erwarten war, zeigte sich auch jetzt die Reaction wie in dem mit der Wurzel verbundenen Blatttheile, bevor dies im abgesehnten Theile der Fall war; in beiden entstand und vermehrte sich die Stärke gleichzeitig. Nach allem Vorhergehenden können wir also die im Anfang gestellte Frage als gelöst betrachten und zwar im negativen Sinne.

Schliesslich will ich in kurzen Zügen eine Uebersicht geben von der Einrichtung der Versuche, die ich angestellt habe, und deren Zweck ich oben beschrieb. Wie ich dort schon angab, bilden sie fünf verschiedene Reihen. Für die ausführliche Beschreibung auch der einzelnen Versuche verweise ich auf meine ausführliche Abhandlung.

Erste Versuchsreihe.

Zu diesen Versuchen benutzte ich Porzellanschüssellehen, die ringsum von einem aufstehenden Rande versehen waren und in der Mitte ein rundes Loch hatten, das von einem ebensolchen Rande umgeben war. Durch dieses Loch wurde ein Blatt geführt, das mit der Pflanze in Verbindung blieb, deren Wurzeln in einem Topfe mit humusreicher Erde verweilten. Der Blattstiel wurde in der Schüsselöffnung luftdicht befestigt. In das Schüssellehen wurde Kalilauge gegossen und dann eine tubulirte Glasglocke über das Blatt gestülpt. Die derart abgeschlossene Luft in der Glocke stand in Verbindung mit der Aussenluft durch ein Rohr, das mit in Kalilauge getränkten Bimsteinstückchen gefüllt war. Das Blatt war also in einem kohlenstofffreien Raume, die Wurzel dagegen in humusreicher Erde. Daneben befand sich stets eine Controlpflanze in demselben Apparate, aber hier war die Glocke durch Wasser abgesperrt und ihr Inhalt war durch ein offenes Rohr direct mit der atmosphärischen Luft in Verbindung. Oft war noch ein zweites Controlblatt zugegen, das ganz ohne allen Apparat in der freien Luft verweilte.

Nach bestimmten Zeitintervallen wurden Blattstückchen auf Stärke untersucht. Waren die Blätter beim Anfang des Versuchs stärkefrei, so blieb das Blatt im kohlenstofffreien Raum stärkefrei, auch wenn der Versuch bis acht Tage dauerte. Die Controlblätter bildeten natürlich recht bald Stärke im grossen Ueberflusse.

Wenn dagegen das über Kalilauge befindliche Blatt beim Anfang des Versuchs mit Stärke gefüllt war, so sah man diese auch im hellen Lichte bald verschwinden, ja ungefähr ebenso rasch, als wenn man die Pflanze in einen dunklen Raum gestellt hätte.

Die Versuche wurden gemacht mit Blättern von *Phaseolus multiflorus*, *Cucurbita Pepo*, *Tropaeolum nanum* und *Beta vulgaris* var. *saccharifera*.

Diese Versuchsreihe führt also zu dem Schlusse, dass in einem fortwährend kohlenstofffreien Raum die Blätter nie sichtbar Stärke bilden, ja dass selbst die schon vorhandene Stärke verschwindet, auch wenn diese Blätter mit der Pflanze verbunden bleiben und deren Wurzeln sich in humusreicher Gartenerde befinden.

Zweite Versuchsreihe.

Hier verwendete ich stärkefrei gemachte Blätter monocotylar Wasserpflanzen (*Typha latifolia*, *Typha stenophylla* und *Sparganium ramosum*).

Ein solches bandförmiges Blattstück wurde durch den Tubulus einer calibrierten Glasglocke geführt und darin vermittelst eines halbirtten Korke luftdicht befestigt, so dass der untere (basale) Blatttheil sich in der Glocke befand. Diese war durch Wasser abgesperrt und im Korke war zugleich ein Rohr befestigt, wodurch Kohlensäure eingeleitet werden konnte. Der mittlere und kleinste Theil des Blattes blieb in der freien Luft, wurde aber von einer Umhüllung verfinstert. Der obere (apicale) Blatttheil dagegen wurde auf dieselbe Weise wie der untere in eine Glocke geführt, die aber selbstverständlich mit dem Tubulus nach unten gekehrt war. Die nun oben liegende Oeffnung dieser Glocke wurde von einer Glasplatte mittelst Fett luftdicht verschlossen.

Der Luft der unteren Glocke wurde nun 5 % Kohlensäure zugefügt; in der oberen Glocke befand sich ein Schälchen mit starker Kalilauge. Der untere Blatttheil war also in einer sehr kohlenensäurereichen Atmosphäre, der mittlere in der freien Luft, der obere Theil aber im kohlenensäurefreien Raum. Nach einem oder zwei Tagen wurden die drei Theile auf Stärke untersucht. Diese zeigte sich stets reichlich im unteren Blattstücke, aber im oberen Theile fehlte sie ohne Ausnahme vollkommen; ebenso natürlich im verfinstert gewesenen mittleren Theile.

Es kann also ein Blattstück in einem fortwährend kohlenensäurefreien Raum nie sichtbar Stärke bilden, auch wenn der untere Theil desselben Blattes in Luft mit 5 % Kohlensäure verweilt und zwischen beiden ein kleiner Theil der freien Luft ausgesetzt ist.

Dritte Versuchsreihe.

In dieser Versuchsreihe war es mein Zweck, zwischen dem kohlenensäurefreien und dem kohlenensäurereichen Raum keinen Theil des Blattes der freien Luft ausgesetzt zu lassen. Auf diese Weise wollte ich es unmöglich machen, dass die Kohlensäure auf ihrem Wege zum kohlenensäurefreien Raum vielleicht zum grössten Theil in die freie Luft hindurchdiffundirte. Die Versuche nahm ich vor mit stärkefreien Blättern von *Cucurbita Pepo*, *Vitis vinifera*, *Cercis siliquastrum*, *Viola suavis*, *Polygonum bistorta* und *Trifolium pratense*.

Zwei gleichgrosse Krystallisirschälchen wurden mit den genau passenden, abgesehliffenen Rändern aufeinander gestellt. Das Blatt wurde zwischen diese Ränder gelegt, so dass die Spitze sich in dem von den Schälchen gebildeten Raum befand, die Blatthasis, der Blattstiel und oft ein Theil des Stengels aber ausserhalb dieses Raumes blieben. Der Verschluss fand mittelst Talg statt, wobei ich mich natürlich immer überzeugte, dass die Blätter am Ende des Versuchs nicht im Mindesten davon gelitten hatten. In dem unteren Schälchen war Kalilauge.

Dieser ganze Apparat wurde unter eine calibrierte Glasglocke gestellt. Diese war durch Wasser abgesperrt, und der in ihr enthaltene Luft

wurde durch ein Glasrohr ungefähr 5 % Kohlensäure zugesetzt. Blattbasis und Stiel verweilten also in dieser Luft, indem die Blattspitze in kohlenstoffreicher Umgebung war. Nach 5 bis 8 Stunden wurden sowohl Spitze als Basis des Blattes auf Stärke untersucht; die erstere war stets ganz stärkefrei geblieben, indem die Basis in allen Versuchen natürlich ganz voll Stärke war. Wir schliessen also: ein Blattstück kann in einem kohlenstofffreien Raum nie sichtbar Stärke bilden, wenn auch der unmittelbar angrenzende Blatttheil sich in Luft mit 5 % Kohlensäure befindet, ohne dass zwischen beiden Theilen die Luft ihre Einwirkung auf das Blatt ausüben kann.

Vierte Versuchsreihe.

Zu diesen Versuchen benutzte ich stärkefreie, der Länge nach halbirte Blätter von *Cereis siliquastrum*, *Valeriana Phu*, *Bergenia bifolia*, *Polygonum bistorta* und *Phaseolus nanus*.

Eine tubulirte und calibrirte Glasglocke wurde umgekehrt und mit dem Tubulus in Wasser gestellt. Die weite, jetzt oben liegende Oeffnung der Glocke wurde vermittelst einer Glasplatte und Talg luftdicht verschlossen. Zwischen Glasplatte und Glockenrand, von Talg umgeben, befand sich die eine Blatthälfte und zwar so, dass ihre Spitze in die freie Luft ausragte, ihre Basis mit dem Blattstiele aber in der Glocke verweilte. Oben auf die Glasplatte wurde die andere Hälfte desselben Blattes gelegt, die demnach ganz in der freien Luft war. In die Luft der Glocke wurde nun durch ein Rohr etwa 5 % Kohlensäure geführt. Die Basis der einen Blatthälfte konnte also über sehr viel Kohlensäure verfügen. Der Apparat wurde nun dem Lichte ausgesetzt und nach $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ u. s. w. Stunde wurden Theile der Spitzen beider Blatthälften auf Stärke untersucht. Als Resultat ergab sich, dass in beiden Blatthälften die Stärke ganz gleichzeitig sich zu zeigen anfang und sich auf vollkommen gleiche Weise vermehrte.

Diese Versuche lehrten also, dass ein sehr hoher Kohlensäuregehalt der Luft, die Blattbasis und Blattstiel umgibt, nie die Stärkebildung der Blattspitze in der freien Luft sichtbar beschleunigen kann.

Fünfte Versuchsreihe.

Das stärkefreie Blatt einer in humusreicher Gartenerde gewurzelten Pflanze (*Valeriana Phu*, *Trifolium pratense*, *Cueurbita Pepo*, *Phaseolus nanus*) wurde der Länge nach halbirte, so dass die eine Hälfte mit Stengel und Wurzel in Verbindung blieb. Beide Hälften wurden dann neben einander auf einer Glasplatte dem Lichte ausgesetzt.

Indem ich wieder nach $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ u. s. w. Stunden untersuchte, fragte es sich, ob der mit der Wurzel verbunden gebliebene Blatttheil schon früher Stärke zeigen würde, als der von der Pflanze getrennte, der

sich unmittelbar daneben befand. Auch hier zeigte und vermehrte sich die Stärke in beiden Blatthälften gleichzeitig.

Es kann also die Kohlensäure, welche die Wurzel in humusreicher Erde vorfindet, die Stärkebildung der Blätter in der freien Luft nicht sichtbar beschleunigen.

Die Resultate dieser Untersuchung fasse ich nun in folgende Sätze zusammen:

1. Die Kohlensäure, die einem beliebigen ober- oder unterirdischen Pflanzentheile in Ueberfluss zur Verfügung steht, kann in einem mit diesem Theile verbundenen Blatte oder Blattstücke, das sich im kohlenstofffreien Raume aufhält, nie zur sichtbaren Stärkebildung Veranlassung geben.
2. Die Kohlensäure, die einem beliebigen Pflanzentheile in Ueberfluss zur Verfügung steht, kann in einem mit ihm verbundenen Blatte oder Blattstücke die in der freien Luft obnehin stattfindende Stärkebildung nicht sichtbar beschleunigen.
3. Die im Boden der Wurzel zur Verfügung stehende Kohlensäure kann in den Blättern derselben Pflanze weder im kohlenstofffreien Raum eine sichtbare Stärkebildung veranlassen, noch die in der freien Luft stattfindende Stärkebildung sichtbar beschleunigen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg](#)

Jahr/Year: 1882

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Moll J. W.

Artikel/Article: [Ueber die Herkunft des Kohlenstoffs der Pflanzen 105-113](#)