Abhängigkeit der Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern von dem Kohlensäuregehalt der Luft.

Vorläufige Mittheilung von

Dr. Emil Godlewski.

In meiner Arbeit über die Sauerstoffausscheidung [1]) habe ich gezeigt, dass dieselbe im hohen Grade von dem Kohlensäuregehalt der Luft beeinflusst ist, dass die Sauerstoffabscheidung sehr beschleunigt wird, wenn der Kohlensäuregehalt der Luft zunimmt, dass sie das Maximum erreicht, wenn die Luft etwa 6—10 % Kohlensäure enthält; und dass sie wieder sinkt, wenn die Luft noch reicher an Kohlensäure wird. Weiter zeigte ich, dass diese Verhältnisse ihrerseits von der Lichtintensität abhängen, dass die Beschleunigung der Sauerstoffausscheidung durch den grösseren Kohlensäurereichthum der Luft um so deutlicher hervortritt, je stärker die Lichtintensität ist, und dass sehr grosse Kohlensäurequanta um so schädlicher wirken, je schwächer das Licht ist. Diese Resultate waren aber mit einzelnen von der Pflanze abgesonderten Blättern, oder auch Blattstücken erlangt, was einige Bedenken erwecken konnte, wenn man sie auf die Verhältnisse im Freien übertragen wollte. Es war somit wünschenswerth, diese Resultate auch auf einem andern Weg zu prüfen.

Es ist nun seit den in der Ernährungsphysiologie epochemachenden Arbeiten von Sachs [2]) bekannt, dass die Stärke, welche in Chlorophyllkörnern fast constant auftritt, ein Assimilationsproduct derselben ist. Da nun die Sauerstoffausscheidung ein äusseres Merkmal der Assimilation ist, so müssen alle Bedingungen, welche die Sauerstoffausscheidung begünstigen, auch die Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern fördern, und alle, welche die Sauerstoffausscheidung erschweren, auch die Stärkebildung hemmen; folglich, wenn die, von mir bezüglich des Einflusses des Kohlensäuregehaltes der Luft auf die Sauerstoffausscheidung erlangten Resultate richtig sind, so muss auch die Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern von dem Kohlensäuregehalt der Luft abhängen. Dies veranlasste mich, die Sache einer experimentellen Prüfung zu unterwerfen. Die Untersuchungen sind bei weitem noch nicht abgeschlossen, ich will daher jetzt nur die Hauptresultate kurz mittheilen, indem ich die ausführliche Beschreibung der Versuche einer ausführlicheren späteren Abhandlung vorbehalte.

1) Arbeiten des botan. Instit. zu Würzburg Heft III 1873.

2) Bot. Zeit. 1862 S. 44 u. 1864 N. 38.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0380-4

Die bisherigen Versuche habe ich nur an den Keimpflanzen von *Raphanus sativus* angestellt. Die Methode der Untersuchung war folgende: Ich liess die im Wasser aufgequollenen Samen in kleinen Blumentöpfen in gewöhnlicher Gartenerde am Fenster keimen, und nachdem die Cotyledonen ausgewachsen waren, was etwa nach 8 Tagen erfolgte, stellte ich die Töpfe ins Dunkle, damit die Stärke aus den Chlorophyllkörnern aufgelöst werde. Bei der hohen Temperatur des Sommers wurden die Chlorophyllkörner nach 24 stündigem Verweilen im Dunkeln gewöhnlich schon vollkommen stärkefrei. Jetzt wurden die Töpfe in gewöhnliche Trinkgläser gestellt, sammt denselben auf einen Teller gebracht und darauf eine tubulirte Glasglocke gestülpt. Die Glocken sind 26 Centm. hoch und haben 13 Centm. Durchmesser und etwas mehr als 4 Liter Volumen. Längs der Glocke ist ein Papierstreifen mit Theilung angeklebt. Der Tubus wird mit einfach durchbohrten Kautschukpfropf geschlossen, in welchem eine kurze Glasröhre steckt. Auf dieser letzten ist eine kleine Kautschukröhre aufgesetzt, welche man mit einem Glasstöpsel schliessen kann. Jetzt giesse ich Wasser auf den Teller, und hebe es durch Saugung bis zu einem gewissen Theilstriche, dann verbinde ich die Kautschukröhre mit der Kohlensäureentbindungsflasche, und und nachdem die gewünschte Kohlensäuremenge in der Glocke eingetreten ist, schliesse ich die kleine Röhre mit dem Glasstöpsel. Selbstverständlich unmittelbar vor dem Versuche, nehme ich aus jedem Töpfchen einige Blattstücke, um mich zu überzeugen, dass sie wirklich in den Chlorophyllkörnern keine Stärke enthalten. Nun stelle ich die Apparate ins Licht, um nach einiger Zeit die Blätter wieder auf Stärke zu untersuchen. Die Nachweisung der Stärke geschieht nach der bekannten Methode. Um die Stärkebildung in kohlensäurereicherer Atmosphäre mit der in der freien Luft vergleichen zu können, stelle ich bei jedem Versuche einen Topf frei an das Fenster. Das Fenster ist während der Versuchsdauer immer geöffnet. Wie erwähnt, sind die bisherigen Versuche nur mit Keimpflanzen von *Raphanus sativus*, und zwar ausschliesslich an den Cotyledonen angestellt. Natürlich werde ich sie bei Fortsetzung der Versuche auch auf Laubblätter und auf andere Pflanzen ausdehnen.

Ich will nun die Resultate an einigen aus der grossen Zahl der Versuche herausgenommenen Beispielen erörtern.

Den 7. Juli um 11 Uhr Früh wurde ein Topf in einer 8% Kohlensäure enthaltenden Luft und ein anderer frei an das Fen-

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0381-0

ster gestellt. Die Sonne schien fast ununterbrochen. Temperatur 29—30° C.

Nach 1/4 Stunde wurden Blattstücke aus einem jeden Topfe genommen, dann wurde sofort unter die Glocke wieder Kohlensäure geleitet und der Apparat wieder an's Fenster gestellt. Diese Manipulation dauerte 5 Minuten und wurde in einem finstern Raum vorgenommen. Nach weiterer 1/4 Stunde wurden wieder Blattstücke genommen und wieder Kohlensäure eingeführt. Dann dauerte die Exposition 1/2 Stunde, und nun wurde der Versuch abgeschlossen.

Die Untersuchung der abgenommenen Blätter ergab nun Folgendes:

a) Für die Pflanzen in kohlensäurereicher Luft:

nach 1/4 Stunde: kleine Stärkekörner in allen Zellen, sowohl der Palisaden, als des Schwammparenchym; die Schnitte nach der Anwendung des Reagens für das blosse Auge schwach violett.

Nach 1/2 Stunde: Stärkekörner reichlich in allen Parenchymzellen; Schnitte für das blosse Auge stark violett.

Nach 1 Stunde: Sämmtliche Zellen von Stärke so überfüllt, dass die Schnitte nach der Reaction fast schwarz erscheinen.

b) Für die Pflänzchen im Freien:

Nach 1/4 Stunde: keine Spur Stärke.

Nach 1/2 Stunde: Spuren von Stärke in einigen Palisadenzellen des Blattrandes.

Nach 1 Stunde: kleine Stärkekörner in allen Parenchymzellen, die Schnitte für das blosse Auge schwach violett, beinahe so wie die Schnitte aus den Cotyledonen der Pflänzchen des 1. Topfes nach 1/4 Stunde Insolation, oder vielleicht etwas schwächer.

Aus diesen wie aus zahlreichen anderen Versuchen kann man mit voller Bestimmtheit schliessen, dass die Cotyledonen von *Raphanus* in einer 8 % Kohlensäure enthaltenden Luft bei intensivem Licht etwa 4—5 mal schneller Stärke in ihren Chlorophyllkörnern bilden, als in gewöhnlicher Luft.

Dagegen habe ich mich überzeugt, dass im diffusen Lichte die Stärkebildung nicht mehr als um das Doppelte durch die Zunahme des Kohlensäuregehalts der Luft bis zu 8 % beschleunigt wird.

Was nun die Wirkung sehr grosser Kohlensäuremengen in der Luft auf die Stärkebildung anbetrifft, so ist dieselbe ebenfalls der Wirkung derselben auf die Sauerstoffausscheidung analog, da

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0382-6

auch hier zu grosse Kohlensäurequanta schädlich sind, und auch hier scheint diese schädliche Wirkung im diffusen Lichte stärker zu sein, als in directen Sonnenstrahlen. Von ganz besonderem Interesse ist aber das, dass die Stärkebildung durch die sehr kohlensäurereiche Luft nicht in allen Zellen gleich gehemmt wird. Sie unterbleibt im Palisadenparenchym viel merklicher, als im Schwammparenchym und am wenigsten wird sie in der Umgebung des Gefässbündels gehemmt z. B. am 16. Juli um 3 Uhr 30 M. wurden 3 Töpfe exponirt: 1) in freie Luft, 2) in 8 % CO_2 enthaltende. 3) in 26 % enthaltende Luft. Die Exposition dauerte $1^1/_2$ Stunden unter fast ununterbrochenem Sonnenschein. Temp. 25—26 C. Die Untersuchung der Cotyledonen ergab folgendes

1) Stärke ziemlich reichlich in allen Zellen, überall gleichmässig nur am Rande reicher.

2) Die Zellen mit Stärke so überfüllt, dass die Abschnitte nach der Reaction fast schwarz sind.

3) Die Schnitte für das blosse Auge schwach violett. Die Stärke ziemlich reichlich nur in der Umgebung der Gefässbündel namentlich im Schwammparenchym, sehr sparsam und nur in unteren Schichten des Palisadenparenchym, in den zwei oberen Zellschichten desselben fast keine Spuren von Stärke.

In einem anderen Fall wurden bei zweistündiger Exposition in directen Sonnenstrahlen in den Cotyledonen der frei stehenden Pflänzchen sehr namhafte Stärkemengen in den Chlorophyllkörnern gebildet, während in der Luft, welche 30 % Kohlensäure enthielt kaum merkliche Mengen in dem die Gefässbündel umgebenden Schwammparenchym gebildet wurden, das ganze Palisadenparenchym dagegen enthielt keine Spur von Stärke. Im Allgemeinen ist die Lagerung der Stärkekörner, welche in sehr kohlensäurereicher Atmosphäre entstehen eine ähnliche, wie bei der Lagerung derselben während der fortschreitenden Auflösung der Stärke in der Dunkelheit, wenn vorher sämmtliche Chlorophyllkörner reichlich Stärke enthielten, da ja auch hier die Stärke zunächst aus dem Palisadenparenchym entschwindet, dann aus dem Schwammparenchym und endlich auch aus der Umgebung der Gefässbündel. Ob diese Aehnlichkeit nur eine zufällige oder auch ursächliche ist, wird vielleicht die Fortsetzung meiner Untersuchen zeigen, jetzt gebe ich nur das Thatsächliche an und enthalte mich jedes Urtheils, wie man diese verschiedene Wirkung des hohen Kohlensäuregehalts der Luft auf die Stärkesammlung in verschiedenen Zellen denken soll.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0383-1

Ich habe mir nun auch die Frage vorgelegt, was vorkommen wird, wenn man den Zutritt der Kohlensäure vollkommen unterbricht, und dann das Pflänzchen ins Licht setzt. Dass unter diesen Bedingungen die Stärkebildung gänzlich unterbleiben muss liegt auf der Hand, es bleibt aber fraglich, ob die schon in Chlorophyllkörnern vorhandene Stärke aufgelöst wird oder nicht; mit anderen Worten: ob die Auflösung der Stärke aus den Chlorophyllkörnern nur in Dunkelheit oder auch im Lichte vor sich geht, und wir die Ansammlung der Stärke in Chlorophyllkörnern nur deshalb beobachten können, weil die Bildung der Stärke schneller erfolgt, als deren Auflösung. Um dies zu entscheiden, liess ich in gewöhnlichen oder geglühten und mit Nährstoffflüssigkeit gesättigtem Sande, die Samen von *Raphanus sativus* keimen, und nachdem die Cotyledonen ausgewachsen waren, und reichlich Stärke in den Chlorophyllkörnern gebildet hatten, stellte ich sie in eine kohlensäurefreie Atmosphäre. Ich stellte nämlich wie bei den vorigen Versuchen den Topf in ein gewöhnliches Trinkglas und sammt demselben auf einen Teller, dann goss ich auf den letzten concentrirte Kalilauge und stülpte darauf die oben erwähnte tubulirte Glasglocke. Der mit einem einfach durchbohrten Pfropfe geschlossene Tubus war mit einem Schenkel einer U förmigen Glasröhre, welche mit in Kalilauge gesättigten Pumexstückchen gefüllt war, verbunden. Der andere Schenkel war geöffnet, um den Luftzutritt zu gestatten. Somit konnte durch die U förmige Röhre Luft, nicht aber Kohlensäure unter die Glocke eindringen. Jetzt stellte ich den Apparat ins Licht, und nach einiger Zeit wurden die Cotyledonen auf Stärke untersucht. —

Auf diese Weise habe ich mich überzeugt, dass die Stärkeeinschlüsse der Chlorophyllkörner sich im Lichte ganz ebenso verhalten, wie in Dunkelheit, nämlich dass sie aufgelöst werden. So habe ich z. B. den Apparat um 9 Uhr Abends zusammengestellt. Die Cotyledonen waren so mit Stärke überfüllt, dass die Schnitte sich nach Jodreaction schwarzblau färbten. Um 4 Uhr Morgens war noch die Stärke in allen Zellen äusserst reichlich vorhanden, die Schnitte wurden nach der Reaction noch tief blau. Der Apparat stand an einem nach Süd-Ost gerichteten Fenster. Der Tag war hell und sonnig. Bis 4 Uhr Nachmittag wurde die Stärke fast gänzlich aufgelöst, so dass nur geringe Mengen derselben in der Nähe der Gefässbündel noch vorhanden waren. Nachdem die Stärke so im Lichte aufgelöst wurde, bildete sie

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0384-7

sich von neuem, wenn ich das Töpfchen wieder frei ans Fenster stellte. Ich konnte auf diese Weise in directen Sonnenstrahlen beliebig oft die Bildung und die Auflösung der Stärke in den Chlorophyllkörnern an den Pflänzchen desselben Topfes beobachten. Sogar scheint die Auflösung der Stärke bei den insolirten Pflänzchen schneller vor sich gehen, als bei denen im Dunkeln, was wahrscheinlich in der höheren Temperatur der ersteren seinen Grund hat.

Ich habe auch versucht den ganzen Keimungsprocess ohne Kohlensäurezutritt im Lichte vor sich gehen zu lassen, und überzeugte mich, dass derselbe ganz normal vorsich geht. Keine Ueberverlängerung der Stengel, keine Missbildung der Cotyledonen ist zu bemerken.[1]) Die Chlorophyllkörner sind vollkommen ausgebildet und von ganz normalem Farbenton. Der ganze sichtbare Unterschied von den frei vegetirenden Pflänzchen liegt darin, dass, nachdem die Reservestoffe aus den Cotyledonen verbraucht worden sind, sie keine Spur Stärke mehr enthalten, während die frei vegetirenden die Stärke reichlich bilden.

Diese Versuche zeigen also:

1) Dass ohne Kohlensäurezutritt keine Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern möglich ist, was ja auch aus der von Sachs begründeten Anschauungsweise für die Rolle der Stärke in den Chlorophyllkörnern mit Nothwendigkeit folgt.
2) Dass die Auflösung der Stärke aus den Chlorophyllkörnern nicht nur in Dunkelheit, sondern auch im vollem Lichte vor sich geht, und dass wir somit nur den Ueberschuss der gebildeten über die aufgelöste Stärke beobachten können.
3) Dass man aus der Abwesenheit der Stärke in den Chlorophyllkörnern unter gewissen Bedingungen nicht auf das Nichtvorhandensein des Assimilationsprocesses unter diesen Bedingungen schliessen kann.
4) Dass die Formveränderung der etnolirten Pflanzen nicht in dem Unterbleiben des Assimilationsprocesses zu suchen ist.

Krakau, im Juli 1873.

---

1) Selbstverständlich wenn der Versuch zu lange dauert, gehen die Pflänzchen zu Grunde.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr03638-0385-3

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1873

Band/Volume: 56

Autor(en)/Author(s): Godlewski Emil

Artikel/Article: Abhängigkeit der Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern von dem Kohlensäuregehalt der Luft 378-383