

übrigens LEMSTRÖM selbst einige wichtige Bestätigungen, wenn er z. B. den Rat gibt, während der heissen Mittagsstunden (bei direkter Besonnung) die elektrische Behandlung als schädlich zu unterlassen, und ferner mitteilt, dass nur bei starker Bewässerung der elektrisierten Pflanzen sich bedeutende Steigerungen der Ernteerträge erzielen lassen.

7. Julius Stoklasa, Adolf Ernest und Karl Chocenský: Über die anaerobe Atmung der Samenpflanzen und über die Isolierung der Atmungsenzyme.

Eingegangen am 24. Januar 1907.

II.

W. PALLADIN hat mit seinen Mitarbeitern in dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität St. Petersburg sich einer Methode bedient, welche den Zweck hatte den Charakter der Atmungsenzyme näher zu beleuchten, und zwar geschah dies auf Grund der Arbeiten von BERTRAND, CHODAT und BACH.¹⁾

W. PALLADIN äussert sich in seiner letzten Arbeit in nachstehender Weise:

„Indem ich mich der Theorie von CHODAT und BACH anschliesse, vermute ich, dass die durch Pyrogallol angeregte Kohlensäureausscheidung ein Resultat der gemeinsamen Tätigkeit der Oxygenase (höhere Hydrosuperoxyde) und der Peroxydase ist. Infolgedessen schliesse ich auf Grund der hierbei ausgeschiedenen Kohlensäuremenge auf die Quantität der in den Pflanzen enthaltenen Oxygenase. Das Aufhören der Ausscheidung von Kohlensäure nach einer gewissen Zeit weist auf das Verschwinden der Oxygenase hin. Hiernach wurde 3prozentige Wasserstoffsuperoxydlösung in den Kolben gegossen, worauf wiederum eine starke Kohlensäureentwicklung erfolgte. Da nun nach der Theorie von CHODAT und BACH ein Teil der Peroxydase bereits zu ihrer gemeinsamen Arbeit mit der Oxygenase verbraucht worden war, zeigt die nach der Hinzufügung von H_2O_2 ausgeschiedene Kohlensäure die Menge der

1) BACH und CHODAT, Untersuchungen über die Rolle der Peroxydase in der lebenden Zelle, Ber. der deutsch. chem. Ges. 35, 2466. — Arch. sc. phys. et nat. Tome XVII, 1904, Recherches sur les ferments oxydants.

übrig gebliebenen Peroxydase an. Die Summe der sowohl nach Hinzufügung von Pyrogallol als auch von H_2O_2 ausgeschiedenen Kohlensäuremenge gibt nun eine Vorstellung von der in den untersuchten Pflanzen enthaltenen Peroxydase.“

Die Methode, welche PALLADIN mit seinen Mitarbeitern¹⁾ benutzte, ist folgende:

Wenn die Ausscheidung von Kohlendioxyd der Organe erfrorener Samenpflanzen in Luftstrom vollständig aufgehört hatte, wurden die Pflanzenorgane in einer Reibschale zerrieben, mit destilliertem Wasser übergossen und in einen ERLÉNMEYER'schen Kolben von 300 *cem* Inhalt gebracht. Sodann wurde 20prozentige Pyrogallollösung hinzugegeben und der Kolben durch einen Kautschukpfropfen mit zwei gebogenen Glasröhren geschlossen und umgekehrt, wie das in seiner Abhandlung in der Zeitschrift für physiologische Chemie auf Seite 409 die Abbildung deutlich veranschaulicht.

Durch die kürzere Röhre wird Luft in den Kolben geleitet, die grössere Röhre jedoch, welche über die Flüssigkeit hinausragt, dient zum Austritt der Gase.

Wenn sich schon kein Kohlendioxyd durch Einwirkung der Pyrogallollösung mehr bildete, wurde 3prozentige Wasserstoffsuperoxydlösung in die Kolben gegossen, worauf wiederum eine starke Kohlendioxydentwicklung erfolgte. Die Bestimmung des Kohlendioxyds erfolgte wieder nach der bereits erwähnten Methode von KOLBE-FRESENIUS-CLASSEN.

Wir benutzten bei unseren Versuchen nachstehende Mengen der Substanz:

beim ersten Versuch beim Blattwerk . . .	44,0 g
„ „ „ bei der Wurzel . . .	32,7 „
beim zweiten Versuch beim Blattwerk . . .	26,0 „
„ „ „ bei der Wurzel . . .	30,0 „
beim dritten Versuch beim Blattwerk . . .	37,0 „
„ „ „ bei der Wurzel . . .	25,0 „

1) N. A. MAXIMOW, „Zur Frage über die Atmung“. Ber. der deutsch. botan. Ges., Jahrg. 1904, Bd. XXII, Heft 4. — E. TSCHERNIAJEW, Über den Einfluss der Temperatur auf die normale und die intramolekulare Atmung der verletzten Pflanzen. Ber. der deutsch. botan. Ges., Jahrg. 1905, Bd. XXIII, Heft 5. — W. PALLADIN, Über den verschiedenen Ursprung der während der Atmung der Pflanzen ausgeschiedenen Kohlensäure. Ber. der deutsch. botan. Ges., Jahrg. 1905, Bd. XXIII, Heft 6. — W. PALLADIN, Die Arbeit der Atmungsenzyme der Pflanzen unter verschiedenen Verhältnissen HOPPE-SEYLER's Zeitschr. für phys. Chemie, Bd. XLVII, Heft 4, 5 und 6, 1906. — W. PALLADIN, Bildung der verschiedenen Atmungsenzyme in Abhängigkeit von dem Entwicklungsstadium der Pflanzen. Ber. der deutsch. botan. Ges., Jahrg. 1906, Bd. XXIV, Heft 2. — T. KRASNOSELSKY, Bildung der Atmungsenzyme in verletzten Zwiebeln von *Allium Cepa*. Ber. der deutsch. bot. Ges., Jahrg. 1906, Bd. XXIV, Heft 3.

Bei jedem einzelnen hier angeführten Versuch wurden 80 *ccm* 20prozentige Pyrogalllösung und sodann 80 *ccm* 3prozentiges Wasserstoffsperoxyd angewendet.¹⁾

Wenn wir nun die Menge des ausgeschiedenen Kohlendioxyds in Milligramm in einer Stunde, auf 100 *g* Trockensubstanz berechnet, berücksichtigen, so ergeben sich nachstehende Quantitäten:

Durch Einwirkung von reiner Pyrogalllösung beim Blattwerk finden wir eine Menge von 22,8—28,3 *mg* CO₂, bei der Wurzel 8 bis 10,7 *mg* CO₂.

Durch Einwirkung von Pyrogalllösung und Wasserstoffsperoxyd ergibt sich eine Menge bei dem Blattwerk von 38,2—71,7 *mg*, bei der Wurzel eine solche von 9,6—53,6 *mg* CO₂.

Um die Exaktheit der Methode von W. PALLADIN zu prüfen, haben wir folgende Versuche angestellt:

Das Blattwerk und die Wurzel der Zuckerrübe wurden zerkleinert, langsam getrocknet, zerrieben und sodann das restierende Pulver bei 150° 14 Stunden getrocknet. Durch das Trocknen über 70° wird nach ASO die Tätigkeit der Oxydase aufgehoben.²⁾

Die Menge des Kohlendioxyds in Milligramm in einer Stunde auf 100 *g* Trockensubstanz, berechnet unter Einwirkung von Pyrogalllösung, beziffert sich bei dem getrockneten Blattwerk auf 2,6—9,5 *mg* CO₂ und steigt unter Einwirkung von Pyrogalllösung und Wasserstoffsperoxyd auf 10,2—16,5 *mg* CO₂.

Bei der getrockneten Wurzel beträgt die Menge des Kohlendioxyds in *mg* in einer Stunde, auf 100 *g* Trockensubstanz berechnet, unter Einwirkung von Pyrogalllösung 1,4 bis 8,8 *mg* CO₂ und steigt unter Einwirkung von Pyrogalllösung und Wasserstoffsperoxyd auf 3,6 bis 13,3 *mg* CO₂.

Wenn wir diese Resultate mit den erfrorenen, nicht getrockneten Blättern und Wurzeln der Zuckerrübe vergleichen, so sehen wir, dass wir doch gewisse Prozente des gesamt ausgeschiedenen Kohlendioxydes dem reinen Chemismus zuschreiben müssen, ohne dass die Einwirkung der Enzyme in Betracht gezogen werden kann.³⁾ Das beste Beispiel sehen wir daran, wenn wir Wasserstoffsperoxyd auf die 20%ige Pyrogalllösung einwirken lassen. Durch den Einfluss

1) Die tabellarische Zusammenstellung der analytischen Daten findet man in meiner ausführlichen Arbeit, betitelt „Über die glykolytischen Enzyme im Pflanzenorganismus“ in HOPPE-SEYLER's Zeitschr. für phys. Chemie, Heft 4 und 5, 1907.

2) CARL OPPENHEIMER, Die Fermente und ihre Wirkungen, Leipzig 1903.

3) KASTLE und LOEVENHART ziehen die wirkliche Enzymnatur der Oxygenasen in Zweifel und sehen den Vorgang als einen mehr chemischen an. CARL OPPENHEIMER: Die Fermente und ihre Wirkungen.

Dr. NEUMANN WENDER: Enzymologische Studien. I. Beiträge zur Kenntnis der oxydierenden Enzyme, Berlin 1904.

des Wasserstoffsperoxydes auf die Pyrogalllösung entstehen schon Oxydationsprozesse, durch welche sich Kohlendioxyd bildet.

Wir fanden schon nach 24 Stunden 26,7 bis 60 *mg*, in weiteren 24 Stunden 40 bis 44 *mg*, nach dem dritten Tag 23,7 bis 40 *mg*, und am vierten Tag sinkt jedoch die Menge auf 2 bis 7 *mg* CO₂.

Weiters haben wir auch Versuche mit Knochen- und Holzkohle angestellt, woselbst wir wahrnehmen konnten, dass durch Pyrogalllösung und Wasserstoffsperoxyd eine Abscheidung des Kohlendioxydes verursacht wird.

Wir fanden bei der Knochenkohle nachstehende Quantitäten von Kohlendioxyd:

Die Menge des Kohlendioxyds in *mg* in einer Stunde auf 100 *g* Trockensubstanz berechnet unter Einwirkung von Pyrogalllösung beziffert sich auf 1 *mg* und steigt unter Einwirkung von Pyrogalllösung und Wasserstoffsperoxyd auf 5,1 *mg* CO₂.

Bei der Holzkohle konnten wir folgende Quantitäten von Kohlendioxyd konstatieren:

Die Menge des Kohlendioxyds in *mg* in einer Stunde auf 100 *g* Trockensubstanz berechnet unter Einwirkung von Pyrogalllösung beläuft sich auf 1,6 *mg* und sinkt unter Einwirkung von Pyrogalllösung und Wasserstoffsperoxyd auf 1,1 *mg* CO₂.

Die Abscheidung von Kohlendioxyd bei der Knochen- und Holzkohle erfolgt durch die Vorgänge der Autoxydation. Die Aktivierung des Sauerstoffes in der Knochen- und Holzkohle geht ziemlich energisch vor sich, und die beiden Kohlen zeigen Autoxydationswirkungen.

Aus unseren zahlreichen Versuchen geht Nachstehendes hervor:

100 *g* Knochenkohle mit 30 *g* Wasser entwickeln bei einer Temperatur von 20° C. binnen einer Stunde 0,3 *mg* CO₂. Bei 150° C. getrocknet entwickelt dasselbe Quantum von Knochenkohle sowie Wasser innerhalb derselben Zeit durchschnittlich 0,2 *mg* CO₂.

100 *g* Holzkohle mit 30 *g* Wasser entwickeln bei einer Temperatur von 20° C. in einer Stunde 0,3 *mg* CO₂.

Bei 150° C. getrocknet entwickelt dieselbe Menge von Holzkohle und Wasser innerhalb der gleichen Zeit durchschnittlich ebenfalls 0,3 *mg* CO₂.

Die Autoxydationswirkungen können wir auch in der Stein- und Braunkohle beobachten.¹⁾

Wir haben viele Experimente über die Autoxydation der Stein- und Braunkohle längere Zeit vorgenommen und

1) MORITZ TRAUBE, Gesammelte Abhandlungen, Berlin 1899. — C. ENGLER und J. WEISSBERG, Kritische Studien über die Vorgänge der Autoxydation, Braunschweig 1904. — J. HABERMANN, Einige Versuche über die Autoxydation der Steinkohle, Journal für Gasbeleuchtung 1906.

dasselbst gefunden, dass wir die Existenz der Peroxydase bei der Stein- und Braunkohle annehmen können.¹⁾ Durch vergleichende Atmungsversuche mit sterilisierter und nicht sterilisierter Stein- und Braunkohle, weiters durch Anwendung der Methode von W. PALLADIN und seiner Schüler ist es uns gelungen den Nachweis zu liefern, dass die Abscheidung des Kohlendioxyds

1. durch Autoxydation und
2. durch enzymatische Wirkung erfolgt.

Die Abscheidung des Methans und des Wasserstoffes wird bloss durch die Peroxydase hervorgerufen.¹⁾

1) Eine ausführliche Arbeit über die Abscheidung des Kohlendioxyds, Methans und Wasserstoffes durch Braun- und Steinkohle erscheint demnächst.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Stoklasa Julius, Ernest Adolf, Chocensky Karl

Artikel/Article: [Über die anaerobe Atmung der Samenpflanzen und über die Isolierung der Atmungsenzyme. 38-42](#)