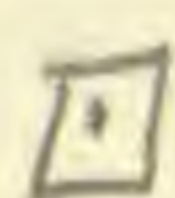


als die von FRANK<sup>1)</sup> benutzte, die aus ZUMSTEINS<sup>2)</sup> Reinkultur stammte. Eine solche herzustellen, ist mir nach der angegebenen, mannigfach variierten Methode trotz aller Mühe nicht gelungen<sup>3)</sup>.

In ähnlicher Weise, wie ich das für einige Fälle geschildert habe, können die beschriebenen Farbstofflösungen und Filterplatten sicher noch den verschiedensten physiologischen Zwecken dienen. Immer, wo es darauf ankommt, Organismen zu verdunkeln ohne sie unsichtbar zu machen, ist die Methode von Wert.

Breslau, Pflanzenphysiologisches Institut, September 1908.

## 67. S. Kostytschew: Über den Zusammenhang der Sauerstoffatmung der Samenpflanzen mit der Alkoholgärung.



(Vorläufige Mitteilung)



(Eingegangen am 5. Oktober 1908.)

Bis auf die letzte Zeit hin wurde das Studium der Pflanzenatmung nur der Einwirkung verschiedener Faktoren auf den Gaswechsel gewidmet; das Wesen der bei dem komplizierten Prozesse der vitalen Oxydation stattfindenden Stoffumwandlungen bleibt aber bis jetzt noch vollkommen unaufgeklärt, zumal da die Oxydasen, den neueren Untersuchungen nach, nicht imstande sind eine direkte Verbrennung der Kohlenhydrate zu bewirken<sup>4)</sup>; es muß also vorausgesetzt werden, daß die Moleküle der zu verbrennenden Stoffe zunächst durch vorbereitende Prozesse gelockert bzw. ge-

1) Botan. Zeitg. 1904 „Kultur und chemische Reizerscheinungen der *Chlamydomonas tingens*.“

2) Jahrb. f. wissenschaft. Bot. 1899. „Zur Morphologie und Physiologie der *Euglena gracilis*.“

3) Gegen Säuren verhielt sich z. B. mein Material, das im Gegensatz zu FRANKS aus neutraler Lösung stammte, immer negativ, dagegen reagierte es auf Glukose,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  und  $\text{KNO}_3$  positiv, wo FRANK keine Reaktion bemerkte. Auffallend war auch die stark positive Reaktion gegen Siegellack, sowie gegen eine Abkochung von solchem, die sich in einer Kapillare befand. Schellack wirkte nicht. Die chemotaktische Reizbarkeit ist viel ausgedehnter als bei den meist studierten Bakterien und Samenfäden.

4) BERTRAND, Comptes rendus 122, S. 1132, 1896; PORTIER, Les oxydases dans la série animale, Paris 1897.



spalten werden. In dieser Hinsicht kommt vor allem die anaërobe Atmung in Betracht, deren Zusammenhang mit der Sauerstoffatmung als festgestellt anzusehen ist. GODLEWSKI und POLZENIUSZ<sup>1)</sup> haben fernerhin nachgewiesen, daß die anaërobe Atmung der Pflanzen bei Zuckerverarbeitung mit der typischen Zymasegärung identisch ist<sup>2)</sup>; die Resultate der genannten Forscher wurden späterhin von verschiedenen Seiten bestätigt<sup>3)</sup>. Vom theoretischen Standpunkte aus kommen hinsichtlich der Rolle der Zymase im Atmungsprozesse folgende Möglichkeiten in Betracht.

1. Die Zymase der Samenpflanzen ist mit derjenigen der Hefe nicht vollkommen identisch, indem erstere nur bei Sauerstoffabschluß wirksam ist. Diese Voraussetzung haben PALLADIN und ich<sup>4)</sup> dadurch entkräftet, daß die Zymase erfrorener Erbsensamen in unseren Versuchen bei vollem Sauerstoffzutritt und bei Abwesenheit der Bakterien arbeitete.

2. Die Alkoholgärung der Samenpflanzen findet bei vollem Sauerstoffzutritt statt, hat aber mit der Sauerstoffatmung nichts zu tun. Diese Ansicht wurde von POLOWZOW ausgesprochen<sup>5)</sup>, der in Erbsen- und Maissamen Alkoholbildung bei Luftzutritt beobachtete. Die aërobe Alkoholbildung wurde auch von BERTHELOT<sup>6)</sup>, MAZÉ<sup>7)</sup> und DEVAUX<sup>8)</sup> in verschiedenen Pflanzen wahrgenommen. Ist obige Voraussetzung POLOWZOWs richtig, so müssen bei Sauerstoffzutritt und Sauerstoffabschluß gleiche Alkoholmengen gebildet werden; bisher wurden aber derartige quantitative Alkoholbestimmungen noch nicht ausgeführt.

3. Die Alkoholgärung ist die Anfangsstufe der Sauerstoff-

1) GODLEWSKI und POLZENIUSZ, *Bullet. de l'Acad. des sciences, Cracovie* 1901, S. 227.

2) Wenn anderweitige Stoffe als Atmungsmaterial dienen, so findet zuweilen gar keine Alkoholbildung bei Sauerstoffabschluß statt, wie ich es neuerdings an *Agaricus campestris* dargetan habe (diese Berichte **25**, S. 188, 1907 und **26a**, S. 167, 1908). In der vorliegenden Abhandlung will ich mich aber nur mit der Zuckerveratmung befassen.

3) GODLEWSKI, *Bullet. de l'Acad. des sc. de Cracovie* 1904, S. 115; STOKLASA, *Hofmeist. Beiträge* **3**, S. 460, 1903; NABOKICH, diese Berichte **21**, S. 398, 1903.

4) PALLADIN und KOSTYTSCHEW, *Zeitschr. f. physiol. Chemie* **48**, S. 214, 1906.

5) POLOWZOW, *Mémoires de l'Acad. des sc. de St. Petersb. sér. 8, t. 12, No. 7*, 1901.

6) BERTHELOT, *Comptes rendus* **128**, S. 1366, 1899.

7) MAZÉ, ebenda **128**, S. 1608, 1899.

8) DEVAUX, *Mémoires de la soc. des sciences physiques et naturelles, Bordeaux*, 1899, 15 juin.



atmung; der durch Zymase gebildete Alkohol wird dann durch den Eingriff oxydierender Enzyme zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  verbrannt.

4. Die Alkoholgärung ist die Anfangsstufe der Sauerstoffatmung; bei Luftzutritt wird aber unter normalen Verhältnissen auch vorübergehend kein Alkohol gebildet: es werden nur die Zwischenprodukte der Alkoholgärung bei der Atmung oxydiert. Dies ist die Ansicht GODLEWSKI<sup>1)</sup>.

5. Die Alkoholgärung der Samenpflanzen bildet das Anfangsstadium der Sauerstoffatmung; der Alkohol wird aber nicht zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  verbrannt, sondern ausschließlich zu den Zwecken des Bauwechsels verwendet. Diese Anschauung hat MAZÉ<sup>2)</sup> ausführlich entwickelt. Durch nachfolgende Untersuchungen von MAZÉ und PERRIER<sup>3)</sup> wurde aber festgestellt, daß Äthylalkohol für Samenpflanzen gar keinen Nährwert hat und unter Umständen selbst giftig ist.

Aus obiger Zusammenfassung ist ersichtlich, daß die Frage der Rolle der Zymase im Atmungsprozesse bisher vollkommen ungeklärt ist. Meine eigenen Untersuchungen haben den Zweck, eine experimentelle Erforschung dieser Frage einzuleiten. Es ist von vornherein leicht begreiflich, daß eine derartige Untersuchung auf manche ernste Schwierigkeiten stoßen muß und daher nur durch gemeinsame Anstrengungen mehrerer Forscher mit gutem Erfolge durchzuführen ist; die von mir erhaltenen spärlichen Resultate sollen freilich nur zur vorläufigen Orientierung im verwickelten Gebiete der physiologischen Zuckerverbrennung dienen. Eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Versuche und der angewandten Methoden wird in der „Biochemischen Zeitschrift“ erscheinen; hier will ich nur einige Versuchsergebnisse wiedergeben, die vom theoretischen Standpunkte aus interessant erscheinen können.

Vor allem mußte festgestellt werden, ob die Alkoholgärung der Samenpflanzen durch Sauerstoffzutritt tatsächlich gar nicht gehemmt wird, wie es POLOWZOW<sup>4)</sup> voraussetzt. Der genannte Forscher hat gefunden, daß unversehrte Erbsensamen Alkohol bei vollem Luftzutritt produzieren. MAZÉ<sup>5)</sup> vermochte dagegen nur in den vom Embryo abgetrennten Samenlappen Alkoholbildung bei Luftzutritt wahrzunehmen. GODLEWSKI<sup>6)</sup> behauptet, daß in den

1) GODLEWSKI, Bull. de l'Acad. des sciences de Cracovie 1904, S. 115.

2) MAZÉ, Annales de l'Institut Pasteur, 16, S. 195, 346 und 433; 1902.

3) MAZÉ, und PERRIER, ebenda 18, S. 721; 1904.

4) POLOWZOW, l. c.

5) MAZÉ, Annales de l'Inst. Pasteur, 16, S. 195, 1902.

6) GODLEWSKI, Bullet. de l'Acad. des sciences de Cracovie 1904, S. 115.



POLOWZOWschen Versuchen keine genügende Aëration erzielt werden konnte. Meine eigenen Versuche wurden in folgender Weise ausgeführt. Eingeweichte Erbsensamen wurden in zwei gleiche Portionen geteilt. Die eine Portion wurde sofort zur Alkoholbestimmung verwendet, die andere wurde im lebhaften Strome der mit Wasserdampf gesättigten Luft mehrere Stunden hindurch belassen, dann ebenfalls zur Alkoholbestimmung verwendet. Bei den von mir angewendeten Methoden war ein Verlust des Alkohols durch Verdunstung nicht möglich. Es ergab sich, daß unversehrte Erbsensamen tatsächlich eine geringe Alkoholbildung bei Luftzutritt bewirken, die aber nur auf die Anwesenheit der derben Schale zurückzuführen ist: geschälte Erbsensamen bewirken keine Alkoholbildung bei Luftzutritt, sie konsumieren vielmehr bei genügender Aëration den vorher bei Luftabschluß gebildeten Alkohol. Ebenso verhalten sich die vom Embryo abgetrennten Erbsensamenlappen. Von den mehreren gut übereinstimmenden Daten mögen folgende mitgeteilt werden.

#### Versuch 1.

Eingeweichte unversehrte Erbsensamen. Zwei Portionen zu je 500 Stück. Portion A (372 g) wurde sofort zur Alkoholbestimmung verwendet, Portion B (371 g) wurde vorher 5 Stunden lang im Luftstrome belassen, dann ebenfalls zur Alkoholbestimmung verwendet.

- A. Kontrollportion  $C_2H_5OH = 108,0$  mg  
 B. Versuchsportion  $C_2H_5OH = 158,2$  „

#### Versuch 5.

Eingeweichte und abgeschälte Erbsensamen. Zwei Portionen zu je 500 Stück. Beide Portionen wurden 4 Stunden lang im Wasserstoffstrome belassen. Portion A wurde alsdann sofort zur Alkoholbestimmung verwendet, Portion B aber erst nach 12stündiger Luftdurchleitung.

- A. Kontrollportion  $C_2H_5OH = 312,1$  mg  
 B. Versuchsportion  $C_2H_5OH = 45,9$  „

#### Versuch 8.

Zwei Portionen der von den Keimen abgetrennten Erbsensamenlappen zu je 1000 Stück. Beide Portionen wurden 6 Stunden lang im Wasserstoffstrome belassen. Portion A wurde dann sofort,



Portion B erst nach 15 $\frac{1}{2}$  stündiger Luftdurchleitung zur Alkoholbestimmung verwendet.

A. Kontrollportion  $C_2H_5OH = 242,0$  mg

B. Versuchsportion  $C_2H_5OH = 93,7$  „

Durch obige Versuche wurde die bisher so verwickelte Frage der Alkoholgärung der Samenpflanzen bei Luftzutritt in der Weise beantwortet, daß bei wirklich vollkommener Aëration auch die sonst so tüchtigen Gärungserreger wie Erbsensamen keine Spur Alkohol bilden. Es ist also ersichtlich, daß die Alkoholgärung der Samenpflanzen ein von der Sauerstoffabsorption nicht unabhängiger Prozeß ist. Die Tätigkeit der Zymase in Samenpflanzen hat bei Sauerstoffzutritt unter normalen Umständen keine Alkoholbildung zur Folge. Dies ist nur in der Weise erklärlich, daß entweder der Alkohol selbst oder die Zwischenprodukte der Alkoholgärung bei der Atmung oxydiert werden. Eine nähere Untersuchung ergab, daß eine direkte Oxydation des Alkohols wenig wahrscheinlich ist. Es wurde zwar in abgeschälten Erbsensamen Alkoholverbrauch wahrgenommen, doch hatte das Abschälen der Samen einen kolossalen Aufschwung der Sauerstoffabsorption zur Folge ( $\frac{CO_2}{O_2} = 0,28$  bis  $0,37$ ), die keineswegs als eine normale Erscheinung anzusehen ist. Andererseits ergab es sich, daß die  $CO_2$ -Produktion der abgeschälten Samen durch den Alkoholkonsum durchaus nicht erhöht wird; eine Oxydation des Zwischenproduktes sollte aber schneller erfolgen als eine Oxydation des ursprünglichen Reservematerials. Besonders überzeugend sind die mit Weizensamen und Weizenkeimen ausgeführten Versuche: es ergab sich, daß die genannten Objekte keine Spur Alkohol zu oxydieren vermögen, während Zucker von den Weizenkeimen schnell resorbiert und veratmet wird. Folgender Versuch wurde mit Weizensamen ausgeführt.

#### Versuch 16.

Zwei Portionen der eingeweichten Weizensamen zu je 430 g. Beide Portionen wurden 25 Stunden lang im Wasserstoffstrom belassen, dann wurde Portion A sofort zur Alkoholbestimmung verwendet; Portion B wurde noch 10 Stunden lang im Luftstrom belassen, dann ebenfalls zur Alkoholbestimmung verwendet.

A. Kontrollportion  $C_2H_5OH = 324,7$  mg

B. Versuchsportion  $C_2H_5OH = 318,7$  „

Die Differenz bleibt innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler.



Ein genau auf dieselbe Weise mit Weizenkeimen ausgeführter Versuch ergab eben dasselbe Resultat. Der folgende Versuch wurde nach einer modifizierten Methode angestellt: in diesem Versuche wurden Weizenkeime direkt in alkoholhaltigem Wasser eingeweicht, indem durch Vorversuche festgestellt worden war, daß verschiedene im Wasser gelöste Stoffe von den Keimen sehr schnell aufgenommen und eventuell auch verarbeitet werden. Hiernach sind Weizenkeime als ein für physiologisch-chemische Untersuchungen ganz hervorragend geeignetes Material anzusehen.

### Versuch 15.

Zwei Portionen der in 2proz. Alkohol eingeweichten Weizenkeime. Portion A (120 g) wurde sofort, Portion B (150 g) erst nach 6stündiger Luftdurchleitung zur Alkoholbestimmung verwendet.

A. Kontrollportion (120 g)  $C_2H_5OH = 825,0$  mg

B. Versuchsportion (150 g)  $C_2H_5OH = 1035,5$  „

Wenn man die in der Versuchsportion ermittelte Alkoholmenge auf 120 g des Versuchsmaterials berechnet, so erhält man:  $C_2H_5OH = 828,4$  mg (Kontroll- $C_2H_5OH = 825,0$  mg).

### Versuch 19.

Zwei Portionen der eingeweichten Weizenkeime zu je 67 g. Portion A wurde in destilliertem Wasser, Portion B wurde in alkoholhaltigem Wasser eingeweicht. Im Verlaufe von  $2\frac{1}{2}$  Stunden haben beide Portionen folgende  $CO_2$ -Mengen im Luftstrome produziert.

A. Kontrollportion (Wasser)  $CO_2 = 119,4$  mg

B. Versuchsportion (Alkohol)  $CO_2 = 114,1$  „

Aus obigen Versuchen ist ersichtlich, daß bei der Sauerstoffatmung der Pflanzen keine Oxydation des vorher gebildeten Alkohols stattfindet. Es bleibt also nur die Voraussetzung übrig, daß Zwischenprodukte der Alkoholgärung bei der Sauerstoffatmung oxydiert werden. Diese Annahme wurde tatsächlich durch meine Versuche unterstützt. Diese Versuche wurden folgendermaßen ausgeführt: gleiche Gewichtsmengen der Weizenkeime wurden im Wasser bzw. in verschiedenen Lösungen eingeweicht und dann gleichzeitig für die  $CO_2$ -Bestimmungen verwendet. Vorversuche ergaben, daß gleiche Gewichtsmengen der unter gleichen Verhältnissen eingeweichten Keime gleiche  $CO_2$ -Mengen



abscheiden. Wenn also durch die Aufnahme einer bestimmten Substanz eine Steigerung der  $\text{CO}_2$ -Produktion der Keime hervorgerufen wird, so darf man annehmen, daß die genannte Substanz ein sehr geeignetes Atmungsmaterial ist. Folgende Versuche zeigen, daß im Atmungsprozesse der Weizenkeime nicht etwa eiweißartige Substanzen, sondern direkt Glukose oxydiert wird.

#### Versuch 22.

Zwei Portionen der eingeweichten Keime zu je 31 g. Portion A wurde im Wasser, Portion B wurde in 5proz. Glukoselösung 1 Stunde lang eingeweicht. Luftstrom; Versuchsdauer 7 Stunden.

A. Kontrollportion (Wasser)	$\text{CO}_2 = 88,4 \text{ mg}$
B. Versuchsportion (Glukoselösung)	$\text{CO}_2 = 133,9 \text{ „}$

#### Versuch 23.

Zwei Portionen der eingeweichten Keime zu je 30 g. Portion A wurde im Wasser, Portion B wurde in 3proz. Peptonlösung 2 Stunden lang eingeweicht. Luftstrom; Versuchsdauer 4 Stunden.

A. Kontrollportion (Wasser)	$\text{CO}_2 = 86,1 \text{ mg}$
B. Versuchsportion (Peptonlösung)	$\text{CO}_2 = 87,5 \text{ „}$

In den weiter folgenden Versuchen wurde die Versuchsportion der Keime in den durch Zymin vergorenen Glukoselösungen eingeweicht. Sind die Zwischenprodukte der Alkoholgärung zugleich Zwischenprodukte der vitalen Oxydation des Zuckers, so ist zu erwarten, daß sie noch stärker als Zucker die Atmungsenergie der Keime steigern. Diese Voraussetzung hat sich in den nunmehr folgenden Versuchen bestätigt. Eine enzymatische Zuckervergärung wurde aus dem Grunde bevorzugt, da hierbei größere Mengen der Zwischenprodukte entstehen als bei einer Zuckervergärung durch lebende Hefe.

#### Versuch 27.

Zwei Portionen der eingeweichten Weizenkeime zu je 26 g. Die Versuchsportion B wurde in einer nicht total vergorenen Glukoselösung eingeweicht. (Glukosegehalt dieser Lösung 2,115 g in 250 cc.) Die Kontrollportion A wurde in einer künstlich hergestellten Lösung von Glukose in destilliertem Wasser eingeweicht.



Der Glukosegehalt der nicht vergorenen Lösung war eben derselbe, wie derjenige der vergorenen Flüssigkeit. Luftstrom; Versuchsdauer 4 Stunden.

A. Kontrollportion (Glukoselösung)  $\text{CO}_2 = 63,3 \text{ mg}$

B. Versuchsportion (vergorene Lösung)  $\text{CO}_2 = 96,8 \text{ „}$

Die in der vergorenen Lösung eingeweichte Portion hat also um 53 pCt. mehr  $\text{CO}_2$  produziert als die in Zuckerlösung eingeweichte, obschon letztere freilich eine im Vergleich zu den normalen Verhältnissen bereits gesteigerte Atmungsenergie aufwies.

Im folgenden Versuche wurde eine total vergorene Glukoselösung den Weizenkeimen zur Verfügung gestellt.

### Versuch 28.

Zwei Portionen der eingeweichten Weizenkeime zu je 26 g. Die Kontrollportion A wurde im Wasser eingeweicht, die Versuchsportion B aber in einer durch Zymin total vergorenen Glukoselösung, welche  $\text{CuO}$  nicht reduzierte. Luftstrom; Versuchsdauer  $4\frac{1}{2}$  Stunden.

A. Kontrollportion (Wasser)  $\text{CO}_2 = 84,4 \text{ mg}$

B. Versuchsportion (vergorene Lösung)  $\text{CO}_2 = 115,8 \text{ „}$

In den beiden letzten Versuchen haben sich die Keime der Versuchsportionen infolge sehr starker Sauerstoffabsorption schwarz gefärbt; die oxydierenden Faktoren haben höchstwahrscheinlich an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit gearbeitet. Diese Ergebnisse sprechen zugunsten der Annahme, daß Zwischenprodukte der Alkoholgärung bei der Sauerstoffatmung der Samenpflanzen tatsächlich oxydiert werden.

In weiteren Versuchen habe ich den Einfluß einzelner Bestandteile der vergorenen Lösungen auf die Atmung der Weizenkeime geprüft. Es ergab sich, daß weder Milchsäure (frei oder an  $\text{NH}^3$  gebunden), noch organische bzw. anorganische Phosphate die Atmungsenergie der Weizenkeime zu steigern vermögen. Ich habe u. a. die phosphorhaltige organische Substanz isoliert, die von HARDEN und JOUNG<sup>1)</sup> und späterhin von IWANOFF<sup>2)</sup> in vergorenen Zuckerlösungen aufgefunden worden war. Die genannte Substanz hat

1) HARDEN and JOUNG, The Journ. of physiology 32, Nr. 1; Proceed. of the physiol. Soc. Nov. 1904.

2) IWANOFF, Zeitschrift für physiolog. Chemie 50, S. 281, 1906—1907.



aber einen nur unbedeutenden Aufschwung der Atmungsenergie hervorgerufen; ihre Wirkung war schwächer als diejenige der nicht vergorenen Glukoselösungen. Eine weitere regelmäßige Untersuchung der in den Anfangsstadien des Atmungsprozesses stattfindenden Stoffumwandlungen wird offenbar nur zu der Zeit möglich sein, wo wir bessere Kenntnis der Zwischenphasen der Alkoholgärung erwerben werden. Glücklicherweise hat gegenwärtig diese an und für sich so wichtige Frage ein allgemeines Interesse auf sich gezogen und eine experimentelle Untersuchung des genannten Gegenstandes wird hoffentlich nicht lange mehr auf sich warten lassen.

Überblicken wir die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, so ist es ersichtlich, daß von den im Anfang meiner Abhandlung zusammengestellten Hypothesen nur die Annahme einer Oxydation der Zwischenprodukte der Alkoholgärung im Atmungsprozesse mit den experimentell festgestellten Tatsachen in Einklang zu bringen ist. Sollte obige Annahme tatsächlich die richtige sein, so wäre Äthylalkohol nur als ein Nebenprodukt der Atmung anzusehen, das unter normalen Verhältnissen nicht gebildet wird. Das von einigen Verfassern<sup>1)</sup> beobachtete Auftreten geringer Alkoholmengen in Rebenblättern und anderen Pflanzen wäre hiernach in der Weise zu deuten, daß die Oxydationstätigkeit im Organismus mit den primären Spaltungsprozessen nicht immer gleichen Schritt hält; infolgedessen wird ein Teil der Spaltungsprodukte des Zuckers beim Überwiegen der primären Prozesse nicht sofort durch oxydierende Enzyme angegriffen, sondern durch Gärungsenzyme zu Alkohol und Kohlensäure verarbeitet.

Herrn Professor W. PALLADIN, in dessen Laboratorium meine Untersuchungen ausgeführt worden waren, drücke ich meinen tiefsten und aufrichtigsten Dank aus.

St. Petersburg. Botanisches Institut der Universität.

1) BERTHELOT, Comptes rendus **128**, S. 1366, 1899; MAZÉ ebenda **128**, S. 1608, 1899; DEVAUX, Mémoires de la société des sciences physiques et naturelles, Bordeaux, 1899, 15 juin; Comptes rendus **128**, S. 1346, 1899.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [26a](#)

Autor(en)/Author(s): Kostytschew S.

Artikel/Article: [Über den Zusammenhang der Sauerstoffatmung der Samenpflanzen mit der Alkoholgärung 565-573](#)