© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



# 34. N. A. Maximow: Zur Frage über die Atmung.

(Vorläufige Mitteilung).

Mit einer Abbildung.

Eingegangen am 18. April 1904.

---

Die Frage über die enzymatische Natur der Atmung schwebt zu gegebener Zeit, sozusagen, in der Luft. Freilich ist es bis jetzt niemandem gelungen zu beweisen, dass der ganze Gaswechsel bei der Atmung das Resultat der Tätigkeit von Enzymen ist, und niemandem ist es auch gelungen, diese Enzyme auszuscheiden. Trotzdem finden wir bei vielen Autoren einen Hinweis darauf, dass nach ihrer Meinung, zuletzt auch dieser Vorgang, ähnlich wie es mit der alkoholischen Gärung geschehen ist, auf die Wirkung von Enzymen wird zurückgeführt werden können. Es wird daher vielleicht der Versuch nicht uninteressant erscheinen, den Gaswechsel, welcher sich in dem aus besonders energisch atmenden Organismen, z. B. Schimmelpilzen, ausgepressten zellenfreien Saft bemerken lässt, einer Untersuchung zu unterwerfen.

Zum Objekte meiner Versuche wählte ich einen typischen Aëroben, den bei den Physiologen so beliebten *Aspergillus niger*. Bedeutende Mengen von diesem Pilze wurden auf entsprechenden Substraten aufgezogen, das gewonnene Mycel noch vor der Erscheinung der Sporen in einem Mörser mit reinem Quarzsand und Wasser zerrieben und der resultierende halbflüssige Brei auf einer kleinen Handpresse durch ein grobes Leintuch hindurch ausgepresst. Ich erhielt eine milchartige, fast weisse Flüssigkeit, welche sich beim Stehen ein wenig bräunte. Dieser Saft wurde auf der Nutsche zweimal durch ein doppeltes Filter hindurchgelassen. Ein solches Filter befreite, wie aus der mikroskopischen Untersuchung zu ersehen war, den Saft nicht nur von den lebenden Zellen, sondern auch von den Zellhautfetzen; durch das Filter gingen nur sehr kleine Kügelchen, deren Anwesenheit dem Saft sein milchiges Aussehen verlieh. Beim Erhitzen bis zu 80 Grad fiel ein reichlicher Bodensatz von den im Safte gelösten Eiweisskörpern aus.

Der so erhaltene Presssaft wurde in horizontal liegende flache Gefässe von 250 *ccm* Rauminhalt in dünner Schicht von 3–5 *mm* und

---

1) Siehe MARTIN HAHN, Berichte der deutsch. chem. Ges. 33, S. 3555, 1901. J. L. WARSCHAWSKY, Traveaux de la Soc. Imp. des Naturalistes de St. Pétersbourg, Vol. XXXV, l. I, p. 64, 1904.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



bei 65 *qcm* Oberfläche eingegossen und nun von Zeit zu Zeit Gasproben entnommen, welche auf dem Apparat von POLOZOFF-RICHTER[1]) einer Analyse unterworfen wurden. Dabei durfte der Fehler bei der $CO_2$-Bestimmung 0,05 pCt., bei der Bestimmung des Sauerstoffs 0,03 pCt. nicht übersteigen. Um eine Infektion zu vermeiden, wurde in den meisten Versuchen auf je 10 *ccm* des Saftes 4 *g* Glukose oder Glycerin hinzugefügt — eine Konzentration, welche auf die Entwicklung von Mikroorganismen stark hemmend wirkt, besonders in der ersten Zeit. Übrigens fügte ich in einer Reihe von Versuchen Toluol hinzu; dieselbe ergab vollständig analoge Resultate. Alle Versuche mit Toluol auszuführen, wäre jedoch höchst unbequem gewesen, da dieser Umstand die Gasanalysen beträchtlich erschwert. Die anderen Antiseptica aber, besonders die nicht flüchtigen, wirken schädlich auf die Arbeit der Enzyme ein. Daher zog ich es fürs erste vor, mich ohne sie zu behelfen.

Gleich die ersten Versuche zeigten, dass der Saft Sauerstoff aufzunehmen und Kohlensäure auszuscheiden befähigt ist.

**Versuch 1.** Eine viertägige *Aspergillus*-Kultur auf der Lösung von RAULIN in FERNBACH'schem Kolben (Rauminhalt 2 *l*, Bodenoberfläche 380 *qcm*) wurde in einem Mörser mit Sand und 25 *ccm* 25prozentiger Glukoselösung zerrieben und in der Presse abgepresst. Diese Bearbeitung wurde noch einmal wiederholt und die erhaltenen 50 *ccm* Saft in ein flaches Gefäss eingeschlossen.

| Stunden | Ausgeschiedene $CO_2$ (*ccm*)[2]) | Verbrauchter $O_2$ (*ccm*)[2]) | $\frac{CO_2}{O_2}$[2]) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,82 | 1,36 | 1,3 |
| 3 | 3,06 | 1,66 | 4,1 |
| 10 | 4,64 | 3,08 | 1,1 |
| 24 | 6,44 | 5,46 | 0,8 |

Folglich zeigt der aus *Aspergillus niger* gewonnene Saft einen Gaswechsel, der demjenigen der Atmung analog ist.

Zu allererst musste festgestellt werden, in welchem Masse der Gaswechsel des Saftes im Vergleich zur Atmung des lebenden Mycels, aus dem dieser Saft erhalten wurde, geschwächt erscheint.

---

1) Dieser Apparat ist bei F. G. KÜHN zu haben, St. Petersburg, Kasnatschejskaja 2.

2) Die Mengen von $CO_2$ und $O_2$ (in Kubikzentimetern) sind, wie auch in allen weiteren Versuchen, summarisch angeführt, vom Anfange des Versuches. Der Koeffizient $\frac{CO_2}{O_2}$ ist für die Zeit zwischen zwei Gasproben berechnet.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



**Versuch 2.** Eine dreitägige *Aspergillus*-Kultur auf der Lösung von RAULIN in FERNBACH'schem Kolben.

| Stunden | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 69,4 | 58,4 | 1,2 |

Dieselbe Kultur mit Sand und 50 *ccm* 25prozentiger Glukoselösung zerrieben + 1 *ccm* Toluol. Der Saft in ein flaches Gefäss eingeschlossen.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 22 | 8,36 | 5,22 | 1,6 |

Der Versuch zeigt, dass die Energie des Gaswechsels des Saftes nur einen unbedeutenden Bruchteil der Atmungsenergie des lebenden Pilzes ausmacht. Dieser Umstand darf jedoch nicht überschätzt werden. Erstens bleibt eine beträchtliche Anzahl (mehr als die Hälfte) der Zellen unzerstört, wie dies aus der mikroskopischen Untersuchung des in der Presse zurückgebliebenen „Teiges" ersichtlich war (das Zerreiben fand in einem kleinen Handmörser statt). Zweitens konnte ein beträchtlicher Teil des Saftes mit der schwachen Handpresse nicht ausgepresst werden. Drittens, und dies ist wohl am wichtigsten, geht im Saft eine rasche Zerstörung der Enzyme vor sich (wahrscheinlich durch ein proteolytisches Enzym, wie die Endotyptase der Hefe), da die Wirksamkeit des Saftes in hohem Grade von der Schnelligkeit abhängt, mit welcher die Zerreibung ausgeführt wird. Vielleicht geben die vollkommeneren Methoden, zu welchen ich bald werde übergehen können (eine Presse für 300 Atmosphären und ein BUCHNER'scher Mörser) mir die Möglichkeit, wirksameren Saft zu erhalten.

Wodurch wird nun der Gaswechsel des Saftes hervorgerufen? Trägt diese Erscheinung einen enzymatischen Charakter, ist sie die Folge der Wirkung von Plasmasplittern oder ist sie endlich eine einfache Oxydation der im Saft befindlichen labilen Stoffe? Gegen die letztere Annahme spricht vor allem die Tatsache, dass jeglicher Gaswechsel im Safte sofort aufhört, sobald, sei es durch Erhitzen oder durch Aussalzen oder endlich durch Hinzufügen von Säuren, eine Gerinnung der Eiweisskörper hervorgerufen wird. Eine Einwirkung von Plasmasplittern hat ebenfalls recht wenig Wahrscheinlichkeit für sich, da auf diese Splitter sonderbarer Weise weder die hohe Zuckerkonzentration, noch das Hinzufügen von Toluol Einfluss ausübt. Es bleibt allein die Annahme einer Enzymwirkung übrig. Eine endgültige Antwort auf diese Frage geben die folgenden drei Versuche.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



**Versuch 3.** Eine dreitägige Kultur in FERNBACH'schem Kolben auf der Lösung von RAULIN. Zerrieben mit 50 *ccm* 25prozentiger Glukoselösung. Der Saft in ein flaches Gefäss eingeschlossen. 1 *ccm* Toluol hinzugefügt.

| Stunden | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ |
|---|---|---|---|
| 20 | 6,54 | 3,34 | 2,0 |

**Versuch 4.** Eine ebensolche Kultur mit 50 *ccm* Wasser zerrieben.

| Stunden | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ |
|---|---|---|---|
| 20 | 5,84 | 3,08 | 1,9 |

**Versuch 5.** Eine ebensolche Kultur mit 50 *ccm* Wasser zerrieben. Der Saft durch Aceton gefällt, mit Äther gewaschen und bei 30° im Trockenapparat nach SOXHLET getrocknet. Mit 50 *ccm* Zuckerlösung zerrieben und in ein flaches Gefäss eingeschlossen mit Hinzufügung von 1 *ccm* Toluol.

| Stunden | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ |
|---|---|---|---|
| 4 | 2,12 | 1,28 | 1,7 |
| 24 | 3,06 | 4,88 | 0,3 |
| 48 | 3,16 | 7,20 | 0,04 |

Diese Versuche zeigen, dass sogar das Fällen durch Aceton das Vermögen des *Aspergillus*-Saftes, Gaswechsel zu verursachen, nicht aufhebt, obgleich der Koeffizient $\frac{CO_2}{O_2}$ dabei eine bedeutende Erniedrigung erfährt. So kann man, scheint es mir, diesen Gaswechsel nur der Wirksamkeit von Enzymen zuschreiben.

Wenn nun die Kohlensäureausscheidung und die Sauerstoffaufnahme durch den aus *Aspergillus niger* ausgepressten Saft die Folge von enzymatischen Prozessen sind, so entsteht selbstverständlich die Frage, ob diese beiden Prozesse durch ein und dasselbe Enzym hervorgerufen werden, oder wir es hier mit der gleichzeitigen Wirkung mehrerer, zum mindesten zweier Enzyme zu tun haben. In Anbetracht dessen, dass die Methoden der Isolierung der Enzyme voneinander nicht ausgearbeitet sind, strebte ich auch nicht danach, jedes

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



von diesen Enzymen einzeln zu erhalten, sondern versuchte indirekt an die Lösung dieser Frage heranzutreten. Wenn nämlich die Ausscheidung von $CO_2$ und die Sauerstoffaufnahme durch ein und dasselbe Enzym bewirkt werden, so werden wir bei allen äusseren Einwirkungen, welche die Arbeit desselben beschleunigen oder verlangsamen, immer dasselbe Verhältnis zwischen den Mengen der beiden Gase konstatieren können, genau so wie bei allen Einflüssen auf die Zymase das Verhältnis der ausgeschiedenen Kohlensäure zum Alkohol dasselbe bleibt. Wenn dagegen dies Verhältnis variiert, wenn jeder Prozess seinen eigenen, vom anderen unabhängigen Gang hat, so wird man hieraus mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen dürfen, dass wir es mit zwei Enzymen zu tun haben.

Oben im Versuch 1 und 5 sahen wir, dass der Gaswechsel des Presssaftes (unter dem Einfluss eines proteolytischen Enzymes?) ziemlich rasch bis auf 0 herabsank. Das Verhältnis $\frac{CO_2}{O_2}$ fiel dabei ebenfalls recht schnell. Ein solches Sinken des Koeffizienten erklärt sich leicht, wenn wir annehmen, dass wir zwei Enzyme vor uns haben, von welchen eins, das die Umwandlung der Stoffe mit Kohlensäureabscheidung bewirkt und der Zymase BUCHNER's entspricht, rascher zerstört wird als das andere, welches die Sauerstoffaufnahme hervorruft und zur Gruppe der Oxydasen gehört. Diese Annahme gewinnt noch an Wahrscheinlichkeit, wenn wir die Tatsache in Betracht ziehen, dass die wirkliche Zymase sich durch beträchtliche Labilität auszeichnet, während die Oxydasen zur Anzahl der verhältnismässig recht widerstandsfähigen Enzyme gehören. Es erklären sich so auch die verhältnismässig niedrigen Koeffizienten in dem Versuch 5. Das Aceton wirkt schädlicher auf das erste Enzym als auf das zweite.

Die folgenden Versuche wurden angestellt, um die beiden Prozesse genauer aufzuklären.

**Versuch 6.** 50 *ccm* Presssaft aus mit Wasser zerriebenen *Aspergillus* zu je 25 *ccm* in zwei Gefässe verschlossen.

| Stunden | 1. Portion | | | 2. Portion | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ |
| 1 | 1,98 | 0,85 | 2,3 | 2,00 | 0,55 | 3,6 |
| 5 | 3,57 | 1,70 | 1,7 | 3,89 | 1,56 | 1,9 |
| 24 | 4,51 | 2,94 | 0,8 | 4,88 | 3,01 | 0,7 |

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



**Versuch 7.** 50 *ccm* desselben Saftes in zwei flache Gefässe, zu je 25 *ccm* + 10 *g* Glukose in jedem. (Siehe Abbildung.)

| Stunden | 1. Portion | | | 2. Portion | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ |
| 1 | 2,43 | 0,70 | 3,5 | 2,18 | 0,74 | 3,0 |
| 5 | 3,80 | 1,30 | 2,3 | 3,62 | 1,37 | 2,3 |
| 24 | 5,17 | 3,33 | 0,7 | 5,13 | 3,28 | 0,8 |
| 56 | 5,80 | 4,72 | 0,5 | 5,85 | 4,66 | 0,5 |
| 78 | 6,30 | 5,67 | 0,5 | 6,27 | 5,65 | 0,4 |
| 100 | 6,52 | 6,50 | 0,3 | 6,59 | 6,48 | 0,4 |

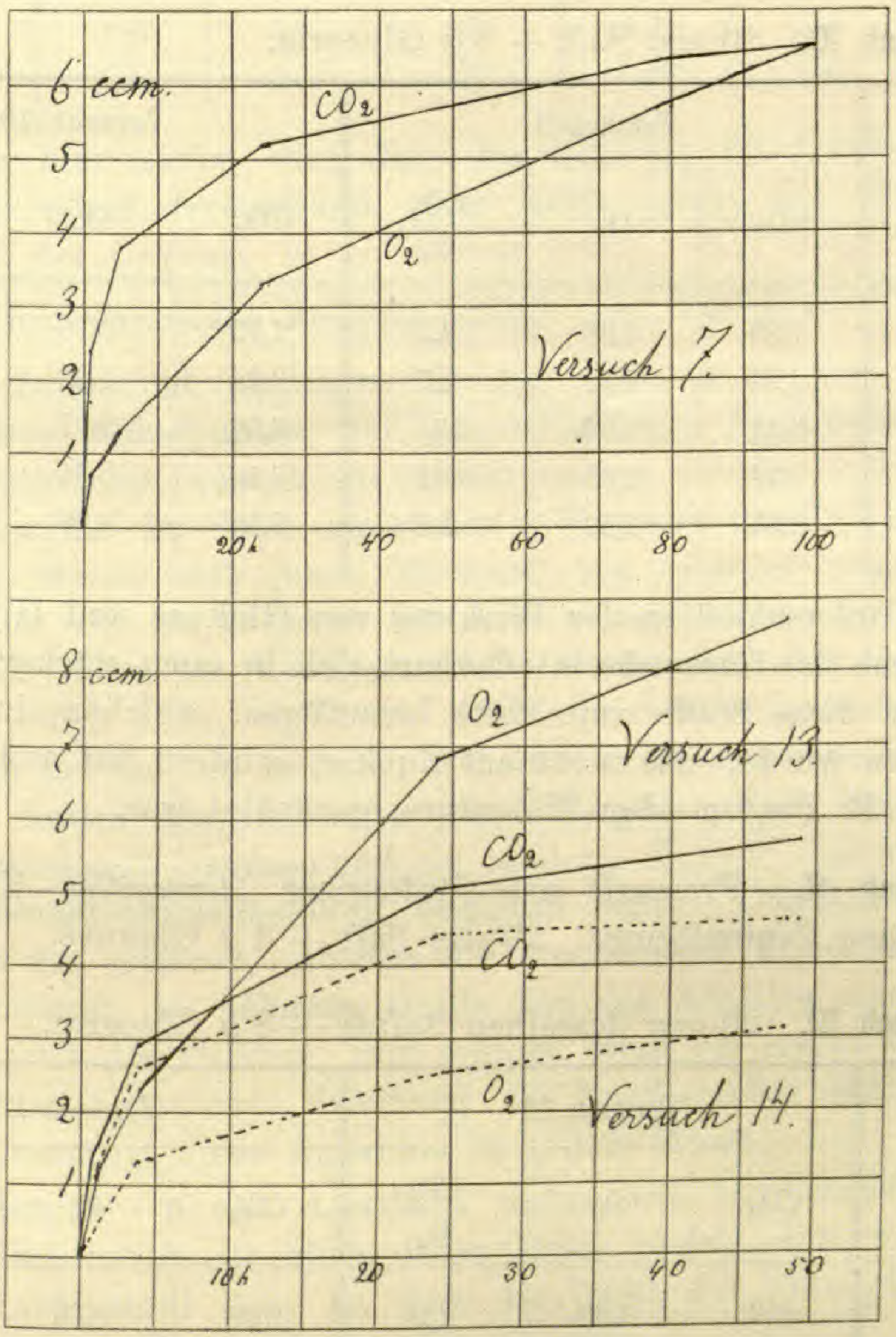
**Versuch 8.** 50 *ccm* desselben Saftes durch Aceton gefällt, mit Aceton und Äther gewaschen, 24 Stunden bei 30° getrocknet, mit Sand und 25 *ccm* 40prozentige Glukoselösung zerrieben.

| Stunden | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,69 | 0,60 | 1,2 |
| 5 | 1,75 | 1,22 | 1,7 |
| 29 | 3,13 | 2,78 | 0,9 |
| 57 | 4,14 | 3,68 | 1,1 |
| 81 | 4,51 | 4,49 | 0,5 |
| 100 | 4,51 | 5,04 | 0 |

Die Versuche ergeben mit vollster Augenscheinlichkeit die grössere Widerstandsfähigkeit der Oxydase im Verhältnis sowohl zum proteolytischen Enzym, als auch zum Aceton. Im Versuch 8 sehen wir sogar, dass im Verlaufe der letzten 20 Stunden die Sauerstoffaufnahme noch vor sich geht, während die $CO_2$-Ausscheidung schon aufgehört hat. Ausserdem beweisen diese Versuche, wie mir scheint, die Unzulänglichkeit der recht verbreiteten Meinung, dass niedrige Atmungskoeffizienten die Abwesenheit von Gärprozessen anzeigen. Jetzt, wo die alkoholische Gärung auf die Tätigkeit der Zymase zurückgeführt ist, muss dieser Standpunkt aufgegeben werden. Das Verhältnis $\frac{CO_2}{O_2}$ ist das Verhältnis der Energie zweier Prozesse — der Kohlensäureausscheidung und der Sauerstoffaufnahme — von welchen jedem die Tätigkeit eines besonderen Enzyms zugrunde liegt. Daher zeigen niedrige Koeffizienten nur an, dass im gegebenen Fall der zweite Prozess energischer vor sich geht als der erste; sie geben

aber keinen Aufschluss darüber, ob die ausgeschiedene Kohlensäure als Tätigkeitsprodukt der Zymase oder irgend eines anderen Enzyms zu betrachten ist.

Aus den Versuchen 6 und 7 ist auch ersichtlich, dass die Einführung von Zucker den Charakter des Gaswechsels verhältnismässig wenig ändert. Das ist auch begreiflich. Im Saft des auf Zucker




aufgezogenen Pilzes ist eine genügende Menge von diesem Kohlenhydrate vorhanden und das Einführen weiterer Mengen kann nur einen indirekten Einfluss ausüben, d. h. die allzu hohe Konzentration kann den Prozess etwas verlangsamen. Wenn wir statt Glukose Glycerin zum Safte hinzufügen, so werden wir bemerken, dass dieser Umstand wiederum verschieden auf beide Enzyme einwirkt. Während die Tätigkeit der Oxydase sich verhältnismässig wenig ändert, wird die Kohlensäureausscheidung stark beeinträchtigt, und als Resultat

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



erhalten wir auf Glycerin im allgemeinen niedrigere Koeffizienten. Das allgemeine Bild des Prozesses bleibt aber dasselbe: Die Oxydase wird weniger rasch zerstört, die Koeffizienten sinken schnell. Eine Ausnahme hiervon zeigte (wie auch früher) nur die erste Stunde; die Ursache davon bleibt bis jetzt unaufgeklärt.

**Versuch 9.** 20 *ccm* Saft + 8 *g* Glukose.

**Versuch 10.** 20 *ccm* Saft + 8 *g* Glycerin.

| Stunden | Versuch 9 | | | Versuch 10 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ |
| 1 | 1,86 | 0,83 | 2,2 | 1,79 | 0,76 | 2,3 |
| $3^1/_2$ | 4,23 | 1,17 | 7,0 | 3,04 | 1,20 | 2,8 |
| 9 | 6,44 | 1,82 | 3,4 | 4,58 | 2,07 | 2,1 |
| 24 | 7,34 | 2,65 | 1,1 | 6,10 | 3,04 | 1,6 |
| 48 | 8,35 | 3,59 | 1,1 | 7,52 | 3,93 | 1,6 |

Der Unterschied in der Wirkung von Glukose und Glycerin auf die Enzyme des Gaswechsels offenbart sich in noch stärkerem Masse, wenn wir diese Stoffe zum Safte hinzufügen, welcher einem Mycel entnommen wurde, das nicht auf Zucker, sondern auf anderen Substraten, z. B. Pepton oder Weinsäure, gezüchtet war.

**Versuch 11.** Presssaft aus fünftägiger *Aspergillus*-Kultur auf 3prozentiger Peptonlösung. 20 *ccm* Saft + 8 *g* Glukose.

**Versuch 12.** 20 *ccm* desselben Saftes + 8 *g* Glycerin.

| Stunden | Versuch 11 | | | Versuch 12 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ |
| 1 | 0,81 | 0,83 | 1,0 | 0,92 | 0,76 | 1,2 |
| 6 | 1 31 | 2,03 | 0,4 | 1,49 | 1,17 | 1,4 |
| 24 | 2,53 | 5,38 | 0,4 | 2,14 | 2,46 | 0,5 |
| 50 | 3,77 | 7,52 | 0,6 | 2,67 | 4,21 | 0,3 |

**Versuch 13.** Saft aus fünftägiger Kultur von *Aspergillus niger* auf 5prozentiger Weinsäure. 20 *ccm* Saft + 8 *g* Glukose.

**Versuch 14.** 20 *ccm* desselben Saftes + 8 *g* Glycerin. (Siehe Tafel auf S. 231.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



| Stunden | Versuch 13 | | | Versuch 14 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ |
| 1 | 1,45 | 1,10 | 1,3 | 1,13 | 0,44 | 2,6 |
| 4 | 2,92 | 2,28 | 1,2 | 2,60 | 1,29 | 1,7 |
| 24 | 4,97 | 6,81 | 0,4 | 4,39 | 2,48 | 1,2 |
| 48 | 5,64 | 8,74 | 0,3 | 4,58 | 3,08 | 0,3 |

Auch hier sehen wir, dass das Glycerin die Kohlensäureausscheidung etwas verlangsamt, aber dafür erhöht die Glukose die Tätigkeit der Oxydase in so hohem Grade, dass man ein auf den ersten Blick paradoxes Resultat erhält: das Verhältnis $\frac{CO_2}{O_2}$ ist auf Glukose bedeutend niedriger als auf Glycerin. Diese Tatsache, welche vom Standpunkte der physiologischen Verbrennung völlig unverständlich ist, kann leicht erklärt werden, sobald wir die Existenz zweier Enzyme im Safte annehmen. Was nun die Frage über die Ursachen dieser oder jener Wirkung von Glukose oder Glycerin betrifft, ob sie als Objekte der Arbeit der Enzyme zu betrachten sind, oder bloss als Katalysatoren, die nur auf den Gang dieser Arbeit Einfluss üben, so bleibt sie bis jetzt unbeantwortet. Zu ihr denke ich bei meinen weiteren Arbeiten zurückzukommen.

Wir haben also im Safte von *Aspergillus niger* zwei Enzyme: eine beständigere Oxydase und ein labileres Enzym, dessen Tätigkeit von Kohlensäureausscheidung begleitet wird. Offenbar muss die Tätigkeit des ersteren, welches der umgebenden Atmosphäre Sauerstoff entnimmt, in höherem Grade von der Aëration abhängen, als die Tätigkeit des zweiten, und folglich muss bei erschwertem Luftzutritt eine bedeutende Erhöhung des Koeffizienten eintreten. Der Versuch bestätigt diese Annahme in vollem Masse.

**Versuch 15.** 20 *ccm* desselben Saftes wie im Versuch 9 + 8 *g* Glukose wurden in ein ebensolches Gefäss verschlossen, welches aber vertikal aufgestellt war, so dass die Dicke der Flüssigkeitsschicht 1,5 *cm* betrug, die Oberfläche aber 13 *qcm*.

| Stunden | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,45 | 0,41 | 3,5 |
| $3^1/_2$ | 2,46 | 0,60 | 5,3 |
| 9 | 3,40 | 0,74 | 6,7 |
| 24 | 4,83 | 1,04 | 4,8 |
| 48 | 5,96 | 1,31 | 4,2 |

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Wie die Zahlen zeigen, ist die Sauerstoffaufnahme sehr stark verringert, ungefähr $2^1/_2$ mal. Etwas aufgehalten ist auch die Kohlensäureausscheidung. Der letztere Umstand lässt zwei Erklärungen zu: entweder steht diese Verlangsamung mit der Verlangsamung der Oxydasetätigkeit in Zusammenhang, z. B. in der Weise, dass das zweite Enzym die Produkte der Tätigkeit des ersten zersetzt und daher die langsamere Arbeit des einen auch auf die Tätigkeit des anderen Einfluss üben muss; oder aber es liegt hier einfach eine Anhäufung der Reaktionsprodukte ($CO_2$) vor, was den Gang dieser Reaktion verlangsamt. Als Antwort auf diese Frage können folgende Versuche dienen:

**Versuch 16.** In zwei ERLENMEYER'sche Kolben von je 220 *ccm* Rauminhalt werden je 20 *ccm* Saft + 8 *g* Glukose gebracht, darauf im Laufe von 40 Minuten ein rascher Strom von Wasserstoffgas hindurchgelassen und dann die Kolben verschlossen. Um die Zerstörung der Enzyme aufzuhalten, wurden die Kolben während dieser Zeit in Eiswasser getaucht. Die Reinheit des Wasserstoffs im Kolben wurde extra nachgeprüft; es ergab sich, dass wenigstens 99,5 pCt. des Gases (nach Abzug der Kohlensäure) aus reinem Wasserstoff bestand.

**Versuch 17.** In einen gleichen Kolben wurden 20 *ccm* desselben Saftes + 8 *g* Glukose gebracht. Der Kolben war ebenfalls in Eiswasser getaucht, nur wurde anstatt Wasserstoff ein rascher Luftstrom hindurchgetrieben und der Kolben darauf verschlossen.

| Stunden | Versuch 16 | | Versuch 17 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1. Portion | 2. Portion | $CO_2$ | $O_2$ | $\frac{CO_2}{O_2}$ |
| | $CO_2$ | $CO_2$ | | | |
| 1 | 1,26 | 1,26 | 1,38 | 0,60 | 2,3 |
| $3^1/_2$ | 2,82 | 2,94 | 3,00 | 1,00 | 4,0 |
| 9 | 4,92 | 4,86 | 4,81 | 1,76 | 2.4 |
| 24 | 6,34 | 6,38 | 6,22 | 2,58 | 1,7 |
| 48 | 7,32 | 7,30 | 7,18 | 3,42 | 1,1 |

Hieraus ersehen wir, dass das vollständige Aufhören der Sauerstoffaufnahme gar keinen Einfluss auf die $CO_2$-Ausscheidung ausübt. Wie dies auch die Zymase tut, arbeitet das $CO_2$-abspaltende Enzym von *Aspergillus niger* in gleicher Weise wie an der Luft, so auch im Wasserstoff. Die Tätigkeit der Oxydase aber wird, entgegen der Meinung von SIEBER[1]), nicht von einer $CO_2$-Ausscheidung begleitet,

1) Zeitschrift für physiologische Chemie, Bd. XXXIX, 1903, S. 484.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



denn sonst müsste das Hineinbringen des Saftes in eine Wasserstoffatmosphäre unumgänglich auf die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure einwirken. Zugleich beweisen diese Versuche, wie mir scheint, endgültig, dass die Sauerstoffaufnahme und die Kohlensäureausscheidung durch zwei voneinander unabhängige Enzyme bewirkt werden.

Die Resultate der oben angeführten Versuche können kurz in folgende Sätze zusammengefasst werden:

1. Der aus dem Mycel von *Aspergillus niger* ausgepresste Saft zeigt beim Stehen einen der Atmung analogen Gaswechsel.

2. Dieser Gaswechsel ist das Resultat der Tätigkeit im Saft enthaltener Enzyme.

3. Die Kohlensäureausscheidung und die Sauerstoffaufnahme werden durch zwei voneinander unabhängige Enzyme hervorgerufen, von denen das erste der Zymase analog ist, das zweite aber zur Gruppe der Oxydasen gehört und sich durch eine bedeutend grössere Widerstandsfähigkeit auszeichnet, als das erstere.

4. Das Enzym, welches die Kohlensäure abspaltet, arbeitet, wie auch die Zymase, gleich energisch an der Luft und im Wasserstoff.

St. Petersburg, Botanisches Laboratorium der Universität.

---

## 35. A. Schulz: Über Briquet's xerothermische Periode.

Eingegangen am 21. April 1904.

In seiner Abhandlung: „Recherches sur la Flore du district savoisien et du district jurassique franco-suisse“[1]) hat J. BRIQUET die Ansicht ausgesprochen, dass in Europa auf die — einzige — Glacialperiode eine Periode, deren Klima trockener und wärmer war als das der Gegenwart, und auf diese „xerothermische Periode“ eine durch regenreicheres und kühleres Klima und eine sehr grosse Ausdehnung des Waldes charakterisierte „Waldperiode“, welche noch heute ihr Ende nicht erreicht hat, folgte. Nach BRIQUET's[2]) Ansicht erstreckten sich während der von ihm mit der — nach seiner

1) ENGLER's Botanische Jahrbücher 13. Bd. (1890) S. 47—105.

2) BRIQUET nimmt nur eine einzige Glacialperiode an, vergl. a. a. O. z. B. S. 70.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: 22

Autor(en)/Author(s): Maximow N.A.

Artikel/Article: Zur Frage über die Atmung 225-235