

Über
den Einfluss des Cyankaliums auf die Atmung von
Aspergillus niger nebst Bemerkungen
über die Mechanik der Blausäure-Wirkung.

Von
H. Schroeder.

Mit 2 Textfiguren.

Schon mehrfach ist darauf hingewiesen worden, welche hervorragende Bedeutung das Studium des Einflusses von Körpern bekannter chemischer Konstitution auf den Ablauf von Lebensvorgängen für die Physiologie besitzt, da durch dieses Studium auch Aufschlüsse über den Mechanismus (Chemismus) der Lebensfunktionen (Partial-Funktionen), wie er sich unter normalen Umständen abspielt, mit Bestimmtheit zu erhoffen sind¹⁾. Speziell aussichtsvoll erscheinen in dieser Hinsicht Versuche mit Giften, weil diese eine besonders energische Wirkung auf den Protoplasten ausüben. Doch ist für derartige weitgehende Schlüsse die eingehende Kenntnis der Mechanik des Gift-Eingriffes unerläßliche Vorbedingung, und es kann nicht geleugnet werden, daß in dieser Beziehung die Tierphysiologie der Pflanzenphysiologie aus naheliegenden Gründen weit voraus ist. Andererseits dürfte aber eine ganze Anzahl der Befunde an Tieren, bei der weitgehenden Übereinstimmung der grundlegenden Lebenserscheinungen in beiden Reichen, sofern es sich um allgemeine oder Protoplasma gifte handelt, mit genügender Vorsicht auf pflanzliche Organismen sich übertragen lassen.

Es wird sich bei diesen — physiologischen — Studien vorwiegend um die sogenannten dynamischen Gifte handeln, die eine

1) Z. B. Pfeffer, Studien zur Energetik der Pflanze. 1892, S. 195, u. J. Geppert, Über das Wesen der Blausäure-Vergiftung. Zeitschr. f. klinische Mediz., Bd. 15, 1889, S. 208, 307, speziell S. 214.

oder mehrere Partialfunktionen verlangsamten, sistieren oder auch über die Norm hinaus beschleunigen, was alles eine Störung der Harmonie des Lebensgetriebes zur Folge hat, die, sofern dem Organismus nicht Mittel zu Gebote stehen, durch entsprechende Regulationen den Ablauf der anderen — primär nicht beeinflussen — Partialfunktionen den neuen Verhältnissen zu akkommodieren, mit der Zeit zu einer bleibenden Schädigung führen muß.

Dieses Studium von chemischen Einflüssen¹⁾ auf Lebenserscheinungen verspricht nach meiner Auffassung zum mindesten den gleichen Erfolg, wie das der Wirkung physikalischer Faktoren. Denn alle sinnfälligen Vorgänge am Organismus sind in letzter Linie bedingt durch chemische Prozesse im Protoplasten²⁾, und für derartige chemische Umsetzungen sind chemische Agentien — abgesehen von Gruppen-Reagentien wie Säuren usw. — speziellere und damit zuverlässigere Reagentien als die in der Regel gleichartiger wirkenden physikalischen Faktoren.

Die geeignetste von den für eine derartige Untersuchung in Frage kommenden Funktionen dürfte die Sauerstoff-Atmung sein. Denn einmal kann man sich durch Messen des O-Verbrauches und der CO₂-Produktion jederzeit und fortlaufend ein Bild von ihrem Ablauf machen, ohne genötigt zu sein das Objekt zur Untersuchung zu zerstören und dann, weil die Atmung, verglichen z. B. mit dem Wachstum oder Reizerscheinungen, eine elementare Funktion genannt werden darf, womit natürlich nicht gesagt ist, daß ich sie für eine einfache Größe halte.

Mit der Wahl der Atmung war die der Blausäure oder des ebenso wirkenden Cyankaliums nahegelegt. Denn es war durch die Bemühungen einer Reihe von Physiologen³⁾ eine starke Hemmung sowohl des O-Konsumes als der CO₂-Produktion bei mit Blausäure vergifteten Tieren festgestellt worden, und eine ähnliche

1) Also Giftwirkungen, vgl. die Definition des Begriffes „Gift“ bei Pfeffer, Physiologie. Bd. II, S. 332.

2) Sachs, Stoff und Form der Pflanzenorgane. Ges. Abhandl., Bd. II, S. 1159, 1200 und physiolog. Notizen I. Flora, Bd. 75 (1892), S. 1; auch Goebel, Organographie, S. 39 und die Abhandlungen von Loew u. Fischer. Flora, Bd. 94 u. 95; ferner Czapek, Annales of Botany, Vol. 19, 1905, S. 75; Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 43.

3) Claude Bernard, Leçons sur les effets des substances toxiques etc. Paris, 1857, S. 193. — W. Preyer, Die Blausäure. Bonn, 1868 u. 1870. — F. Hoppe-Seyler in seinen medicin.-chemischen Untersuchungen. Heft I, S. 140, Virchows Archiv, Bd. 38, 1867, S. 433. — C. Gaethgens, Zur Lehre der Blausäure-Vergiftung. Hoppe-Seylers mediz.-chem. Untersuchungen, Heft III, S. 325 und besonders J. Geppert a. a. O.

Beeinflussung der Pflanzenatmung durch A. Mayer¹⁾, ferner der Hefe durch denselben sowie Schönbein²⁾ und Fiechter³⁾ wahrscheinlich gemacht⁴⁾.

Es war somit zunächst meine Aufgabe, in einwandfreier Weise zu prüfen, ob in der Tat die Pflanzenatmung in ihren beiden fortlaufend kontrollierbaren Phasen durch Cyankalium, das aus äußeren Gründen bevorzugt wurde, in derselben Weise verlangsamt wird, wie die Atmung von Tieren. Dabei hatten die Versuche nur dann Wert, wenn die Herabsetzung lediglich eine transitorische war, wenn also nach Entfernung des Giftes, eventuell nach einer Erholungspause, die Rückkehr der normalen Atemgröße beobachtet werden konnte, da sonst zu befürchten war, daß das gewonnene Bild durch sekundäre Absterbeerscheinungen getrübt werde. Wenn sich nun diese starke transitorische Depression bestätigte, was in der Tat zutraf, so ergab sich sofort die interessante Folgerung: ist es möglich, auf diese Weise die Atmung vorübergehend völlig, d. h. innerhalb der Fehlergrenze der Methodik, still zu legen und weiterhin: kann diese Sistierung über einen längeren Zeitraum ausgedehnt werden, auch hier natürlich ohne dauernde Schädigung des Organismus?

Bei der Diskussion der Resultate wird dann auch die Frage zu erörtern sein, ob die Hemmung der Atmung das Primäre bei der Giftwirkung der Blausäure bzw. des Cyankaliums ist und außerdem, ob anderweitige Nebenwirkungen, die mit dieser Schwächung der Atmung in keinem direkten Kausalzusammenhang stehen, erkennbar sind.

Methodik.

a) Allgemeines.

Bei meinen Versuchen sah ich von der Verwendung höherer Pflanzen ganz ab, da bei diesen die Darreichung des Giftes bedeutende Schwierigkeiten bot. Ein Aufsaugenlassen einer wässerigen Blausäure- oder Cyankaliumlösung durch abgeschnittene Pflanzen-

1) Über den Einfluß der Blausäure auf Pflanzenatmung. Landwirt. Versuchstationen, Bd. 23, 1879, S. 335.

2) Zit. nach Schaer, Über die Einwirkung des Cyanwasserstoffes usw. Festschr. f. Nägeli u. Kölliker, Zürich, 1891.

3) Über den Einfluß der Blausäure auf Ferment-Vorgänge. Diss. Basel, 1875.

4) Vgl. auch J. Loeb, Biochemische Zeitschr., Bd. I, S. 183; Pflügers Archiv, Bd. 113, S. 487.

teile — die Methodik A. Mayers bei seinen Versuchen mit *Tropaeolum*¹⁾ — erschien bedenklich. Denn es mußte dann, wie auch Mayer selbst ausführt, mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß basalwärts gelegene Zellen geschädigt, vielleicht sogar schon getötet waren, bevor die höher gelegenen mit dem Gifte überkaupt in Berührung kamen. Dies mußte eine Abnahme der Atmungsintensität herbeiführen, die dadurch zustande kam, daß nur noch eine geringere Anzahl von Zellen atmete. Ähnliche Bedenken konnten auch gegen die Benutzung von Blausäuregas geltend gemacht werden; außerdem wäre aber seine Anwendung bei meiner gleich zu beschreibenden Methode der Messung des O-Verbrauches gänzlich ausgeschlossen, bei Bestimmung der CO₂-Produktion nur mit Schwierigkeiten durchführbar gewesen, da der Cyanwasserstoff von den benutzten Laugen absorbiert werden mußte. Diese Schwierigkeiten ließen sich umgehen, wenn Pilzmycelien zur Untersuchung benutzt wurden, die den Vorzug hatten, daß das Gift — in Form von Cyankalium — in der Nährflüssigkeit gelöst zugeführt werden konnte. Es war dann bei den von mir vornehmlich gebrauchten Pilzdecken ohne oder doch nur mit wenigen Conidien die Mehrzahl der Zellen unmittelbar von der Giftlösung umspült und zu den nicht direkt mit dieser in Berührung befindlichen Teilen war jedenfalls nur ein ganz kurzer Weg innerhalb des Mycels zu durchlaufen. Daneben hatte man bei der Verwendung einer größeren Flüssigkeitsmenge die Gewißheit einer annähernd konstanten Giftkonzentration für die Versuche von kürzerer Dauer²⁾. Auch darf behauptet werden, daß das Cyankalium rasch in das Zellinnere eindrang, denn seine Wirkung war ausnahmslos unmittelbar nach der Applikation in vollem Umfange nachweisbar; und ebenso bot seine Entfernung durch Waschungen keine Schwierigkeit³⁾.

Von den in Vorversuchen geprüften Pilzen erwies sich *Aspergillus niger* am geeignetsten, derselbe bildet leicht zusammenhängende Decken, atmet auch schon bei Zimmertemperatur mit genügender Intensität und ist nicht imstande, Gärung in größerem Maßstabe hervorzurufen, was bei den Besonderheiten, die Gärungsorganismen in mehrfacher Hinsicht bieten, von Wichtigkeit er-

1) a. a. O.

2) Nicht aber dann, wenn die Versuche über einen längeren Zeitraum ausgedehnt wurden; s. S. 431.

3) Über das Eindringen der Blausäure in die Zellen vgl. Overton. Studien über Narkose, Jena 1901, S. 106.

scheint. Dagegen bildete *Penicillium glaucum*, wie es mir zu Gebote stand, keine festen Decken von genügender Größe, was bei dem Auswaschen und Wechsel der Nährlösung unerlässlich war, und *Mucor stolonifer* atmete zu schwach, um in den kurzen Intervallen von einer halben bis einer Stunde die Gasbestimmung mit hinlänglicher Genauigkeit zu gestatten. Ich hielt mich darum ausschließlich an *Aspergillus niger*.

Zur Kultur benutzte ich Kristallisierschalen, die bis zum Versuch mit Glasdeckel geschlossen wurden oder — bei der Messung der Kohlensäureproduktion — Kochkolben mit Watteverschluß. Bei ersteren erwies es sich als zweckmäßig, den Deckel öfter zu lüften, um die angesammelte Kohlensäure zu entfernen; wenigstens wuchsen die so behandelten Mycelien stets rascher als solche, die dauernd geschlossen blieben.

Zur Herstellung der Nährlösung wurden 40 g Rohrzucker, 5 g Asparagin, 0,2 g Monokaliumphosphat, 0,1 g Kaliumnitrat und 0,1 g Magnesiumsulfat mit Leitungswasser zum Liter gelöst und ein Tropfen Eisenchloridlösung zugefügt. Die Lösung wurde ohne jeden Zusatz (NL.) oder in folgenden Modifikationen benutzt:

NL. I mit Kalilauge neutralisiert, bis zu ganz schwach alkalischer Reaktion.

NL. II mit 2—3 Tropfen Phosphorsäure angesäuert.

NL. III mit einer Prise Magnesiumcarbonat in Substanz versetzt, um ein Sauerwerden zu verhüten. Zu der Mehrzahl der Versuche wurde NL. II benutzt, übrigens ist bei jedem Versuch angegeben, welche Lösung angewandt wurde. Die Kultur wurde auf der Modifikation vorgenommen, die bei den Versuchen geboten wurde.

Es wurde bei Lichtabschluß und Zimmertemperatur kultiviert. Allerdings dauerte es bei dieser für *Aspergillus* niederen Temperatur 10 Tage und mehr, bis genügend starke Decken herangewachsen waren, dagegen waren die so gezüchteten Mycelien fast völlig frei von Sporen und hatten außerdem vor dem Versuch keinen Wechsel der Außenbedingungen durchzumachen, wie es bei der Kultur bei höherer Temperatur der Fall gewesen wäre. Bei Versuch 94, der bei höherer Temperatur im Wärmezimmer angestellt wurde, war die Decke auch dort gewachsen.

Bei den Versuchen selbst wurde zunächst die Decke auf frische, sterile Nährlösung übertragen und so die normale Atemgröße bestimmt, dann wurde sie auf die gleichfalls keimfreie, cyan-

kaliumhaltige Lösung versetzt und darauf — nach dem Auswaschen — abermals auf unbenutztes Substrat gebracht. Es wurde dadurch erreicht, daß in allen Fällen Nähr- und Atemmaterial in ausreichender Quantität zur Verfügung stand, sowie einer Anhäufung nachteiliger Stoffwechselprodukte vorgebeugt. Das Auswaschen erfolgte derart, daß zunächst die cyankaliumhaltige Lösung möglichst vollkommen abgegossen und hiernach der Pilz 4—6 Mal auf isotone Salpeterlösung versetzt wurde, auf der er jeweils kurze Zeit verblieb, um das Austreten der Giftreste aus den Zellen zu gestatten¹⁾. Schließlich erfolgte noch ein ein- bis dreimaliges Nachwaschen mit Nährlösung.

Was den Entwicklungszustand anbetrifft, der die große Kurve der Atmung beherrscht, so waren meine 10—14 Tage alten Decken, infolge der Kultur bei niederer Temperatur, noch nicht an dem Punkte angelangt, an dem ein Abfall der Kurve eintritt. Es konnte darum auch nach der Erholungspause in der Regel eine Rückkehr der früheren Atmungsintensität erreicht werden. Wurde sie überschritten, so war dies mit Zuwachs erklärbar²⁾, blieb dagegen die Atemgröße dauernd gegen die vor der Behandlung mit dem Gift gefundene zurück, so mußte mit einer bleibenden Schädigung gerechnet werden.

Der Einfluß, den die unbedeutenden, während der Versuche vorkommenden Temperaturschwankungen, sowie die wechselnde Intensität der Beleuchtung (auch selbst Wechsel zwischen hell und dunkel) ausüben, ist zu gering, um gegenüber den durch Cyankalium bewirkten Ausschlägen in Frage zu kommen³⁾.

b) Bestimmung des Sauerstoffkonsums.

Zur Bestimmung des O-Konsums bediente ich mich eines Apparates, der nach dem gleichen Prinzip wie die von Garreau⁴⁾,

1) Kosinski, Die Atmung bei Hungerzuständen usw. bei *Aspergillus*. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 37, S. 142.

2) Siehe Versuch 16 (Tabellen S. 460).

3) Siehe Kolkwitz, Über den Einfluß des Lichtes auf die Atmung der niederen Pilze. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 33, 1899, S. 127. — Maximow, Über den Einfluß des Lichtes auf die Atmung der niederen Pilze. Centralbl. f. Bakt., II. Abt., Bd. 9, 1902, S. 193, 261. — Elfving, Studien über die Einwirkung des Lichtes auf Pilze. Helsingfors, 1890.

4) Garreau, Ann. d. sciences natur., III. serie tome 15, 1850, p. 5; tome 16, 1851, p. 271.

Wolkoff und Mayer¹⁾, Godlewsky²⁾, Stich³⁾ und anderen benutzten zusammengestellt war. Ich brachte nämlich den zu untersuchenden Organismus mit einem Absorptionsmittel für die gebildete Kohlensäure in einen durch Quecksilber abgesperrten Luftraum und beobachtete die Volum-Abnahme gleich O-Verbrauch durch Messung des Steigens der Quecksilbersäule im Skalenrohr⁴⁾. Zur näheren Erläuterung der

speziellen Anordnung darf ich mich unter Hinweis auf die beistehende Skizze kurz fassen. Eine starkwandige niedere Glasglocke mit breitem feingeschliffenen Rand wurde mittels eines durch Zusammenschmelzen von 50 Teilen Kolophonium mit 10 Teilen festem und 40 Teilen flüssigem Paraffin hergestellten Kittes⁵⁾ gasdicht auf eine gleichfalls sorgfältig abgeschliffene Glasplatte aufgesetzt. Unter der Glocke befanden sich: 1. das

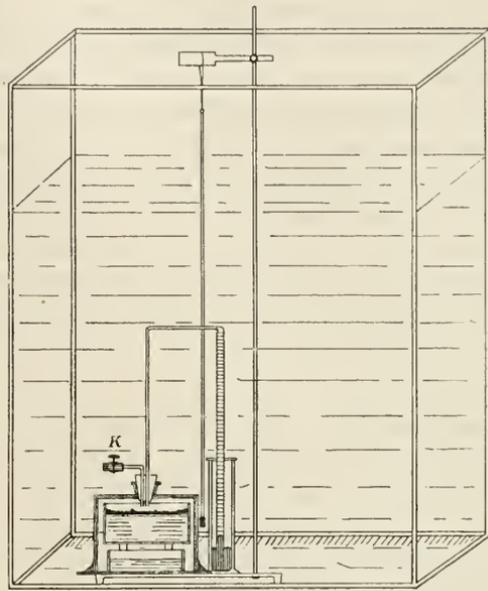


Fig. 1.

Absorptionsgefäß für die Kohlensäure, eine flache Glasschale, die mit 20 bis 30 ccm einer 10 %-igen Natronlauge beschickt wurde. Dieses Quantum (20 ccm) genügt, um theoretisch 1,1 g Kohlendioxyd, das sind ca. 560 ccm⁶⁾

1) Landwirtsch. Jahrb., Bd. III, 1874, S. 489.

2) Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 13, 1882, S. 491.

3) Flora, Bd. 49, 1891, S. 1.

4) Genauer Volum und Druckabnahme; zumal bei den Verhältnissen meiner Apparate ein Steigen des Quecksilbers um 1 cm eine scheinbare Volumabnahme von nur ca. 1 ccm darstellt, unter Berücksichtigung der Druckverminderung von 10 mm Hg. aber eine wahre Volumverringerng von etwas über 6 ccm bedeutet.

5) Dieser Kitt dichtete zuverlässig bis zu 24–25 ° C., bei höheren Temperaturen kamen zuweilen Undichtigkeiten vor.

6) Litengewicht der Kohlensäure, zu 1,96 g genommen (nach Hempel, Gasanalytische Methoden, S. 181).

zu binden. Da selbst bei mehrmaligem Erneuern der Luft, was nur bei einigen der ersten Versuche vorkam, niemals mehr als 100 ccm Sauerstoff verbraucht wurden, und dies für die von mir benutzte Nährlösung bei *Aspergillus* ungefähr der gleichen Kohlensäureproduktion entspricht¹⁾, so wurde höchstens $\frac{1}{6}$ der Lauge beansprucht. Es schien darum unnötig, stärkere Konzentrationen anzuwenden, bei deren Benutzung eine Schädigung der in die Luft ragenden Teile der Pilzdecke durch zu starkes Austrocknen zu befürchten war. In der Regel wurde die Lauge schon erneuert, nachdem sie nur 20—30 ccm Kohlensäure absorbiert hatte. 2. Die Kristallisierschale mit Nährlösung und der Pilzdecke. Sie enthielt durchweg 150 ccm Nährlösung und stand alsdann der Flüssigkeitsspiegel, abgesehen von der darauf schwimmenden Pilzdecke, nur 1,5—2 cm unter dem oberen Rand der Glasschale, was im Hinblick auf die rasche und gleichmäßige Kohlensäureabsorption zweckmäßig schien. Die Kulturschale stand mit genügendem Raum für den Gasaustausch über dem Absorptionsgefäß.

In den Tubulus der Glocke wurde ein doppelt durchbohrter Gummistopfen eingepreßt und in dessen eine Bohrung ein mit Gummischlauch und Klemmschraube verschließbares kurzes Knierohr, in die andere das Skalenrohr derart eingekeilt, daß die Dichtigkeit dieser Schlüsse außer jedem Zweifel stand. Das Skalenrohr hatte die abgebildete Form mit einer Skalenlänge von 18 cm eingeteilt in mm und einen Durchmesser von ca. 1 cm an der Skala. Sein freies Ende tauchte in einen kleinen Glaszylinder mit Quecksilber. Über der Quecksilberkuppe im Inneren befand sich stets eine 1—2 cm hohe Wasserschicht, um eine Schädigung der Kultur durch die Quecksilberdämpfe zu verhüten. Während des Versuches wurde der ganze Apparat in ein geräumiges Wasserbassin, das je nach der Höhe der Füllung 35—50 l Wasser enthielt, versenkt. Dadurch wurden plötzliche Temperaturschwankungen verhindert, sowie der gasdichte Abschluß bedeutend erleichtert.

Eine genaue Kenntnis der Fehlergrenzen der beschriebenen Apparatanordnung ist notwendig besonders zur Entscheidung der Frage, ob unter dem Einfluß des Giftes die Atmung tatsächlich, d. h. also innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler, sistiert ist oder ob sie, natürlich mit sehr starker Abschwächung, noch andauert²⁾.

1) Versuch 17 u. 93 der Tabellen.

2) Vgl. über die Versuchsfehler Godlewsky, a. a. O., S. 7.

Sie wurden darum unter Zugrundelegung der gefundenen Differenzen bei den Einzelmessungen usw. zunächst rechnerisch bestimmt. Ich begnüge mich, um nicht allzu weitläufig zu werden, mit der Mitteilung der Ergebnisse.

Der durch ungenaue Ablesungen¹⁾ (es waren deren jeweils drei erforderlich, um V und P berechnen zu können) bewirkte Fehler erreichte im Maximum, d. h. bei der Annahme, daß der Ausschlag immer in dem gleichen Sinne erfolge, bis zu 0,45 ccm.

Ungefähr von derselben Höhe war die durch ungenaue Temperaturbestimmung hervorgerufene Differenz, was vornehmlich dadurch veranlaßt wurde, daß es etwa 2--4 Stunden dauerte, bis die Luft unter der Glocke die Temperatur des Wasserbades angenommen hatte. Bestand also von vornherein eine Differenz oder schwankte die Temperatur des Wasserbades, so mußte mit diesem Fehler gerechnet werden. Leider habe ich denselben zuerst unterschätzt, so daß eine ganze Anzahl von Versuchen, vorwiegend die im Sommer angestellten, zur Entscheidung der Frage, ob eine Sistierung stattgefunden habe, nicht benutzt werden können.

Vernachlässigt werden dürfen einmal die durch unrichtige Volumbestimmung verursachten Ausschläge, die ca. 3 % der gefundenen Volumabnahme betragen, und ebenso der durch die eingebrachte Luftkohensäure hervorgerufene Fehler von weniger als 0,2 ccm für die ganze Dauer der Beobachtungsserie.

Durch ihre physiologische Wirkung könnte auch die kontinuierliche Abnahme des Sauerstoff-Partiärdruckes in dem Apparate als Fehlerquelle in Betracht kommen, die verhältnismäßig rasch einmal infolge des andauernden O-Konsums durch den Pilz und dann durch die Abnahme des Gesamtdruckes infolge der Kohensäureabsorption in der Lauge eintritt.

Die stärksten in meinen Versuchen beobachteten Abnahmen habe ich in den beiden folgenden Tabellen zusammengefaßt. Die erstere ergibt, daß in Übereinstimmung mit den Befunden an anderen Organismen²⁾ ein Sinken des O-Teildruckes auf ca. 75 mm Hg — also auf etwa die Hälfte des normalen Wertes — auf die Größe des Sauerstoffkonsumes ohne Einfluß ist.

1) Die Ablesungen erfolgten mit dem Horizontal-Fernrohr.

2) Pfeffer, Physiologie. Bd. 1, S. 547. — Verworn, Allgemeine Physiologie, S. 293; ferner die zitierten Arbeiten von Godlewsky (S. 33, 44, 54, Separat-Abzug) und Stich, Flora, Bd. 74, 1891, S. 1.

Tabelle 1.

Gesamtdruck		T	O-Partiärdruck am Ende des Intervalles	O-Konsum pro 1/2 Stunde	
zu Beginn	am Ende des Beobachtungsintervalles				
Versuch 1.	735	728	17,9	132,5 ¹⁾	4,0
	711	704	18,0	104	4,0
Vers. 9, 10.	746,5	711,5	21	105	5,5
	711,5	702	21,05	94	5,9
Versuch 16.	738,5	722,5	24,6	113	8,6
	722,5	706,5	24,5	96	8,6
	706,5	690,5	24,4	75,5	8,5

Noch weitere Abnahme führte dann eine Verminderung des O-Verbrauches herbei, wie aus folgenden Versuchen hervorgeht.

Tabelle 2.

Gesamtdruck		T	O-Partiärdruck		O-Konsum pro 1/2 Stunde	
zu Beginn	am Ende		zu Beginn	am Ende		
Vers. 1.	732,5	696	18,4	—	90,2	9,7
	767	679,5	18	102 ²⁾	18	6,3 ³⁾

Nach energischem Lüften stieg dann der O-Konsum auf 6,4 und dann nach $\frac{3}{4}$ Stunden wieder normal auf 9,5. Ebenso verliefen Versuche 2 und 11, bei denen die O-Partiärpressung bis 3 und 6 mm Hg sank, bei rascher Erholung in Nr. 2; Nr. 11 wurde nicht weiter verfolgt.

Es ergibt sich daraus, daß ein kurzes Sinken⁴⁾ des O-Druckes unter 75 mm Hg eine Abnahme des Konsumes bewirkt, die eine rasch vorübergehende gleichsinnige Nachwirkung hat. Außerdem zeigen die Versuche noch, wie weitgehend die letzten Spuren von Sauerstoff vom Organismus aufgezehrt werden.

1) Bei der Berechnung des O-Partiärdruckes wurde auch der O-Konsum von dem Moment des Verschließens der Glocke bis zur ersten Ablesung, aus den späteren Befunden interpoliert, in Rechnung gestellt (s. Godlewsky, a. a. O., S. 8).

2) Im unmittelbaren Anschluß an das vorausgegangene Intervall, es wurde nur die zum Ausgleich der Druckdifferenz notwendige Gasmenge zugelassen.

3) Im Durchschnitt aus 9 Stunden, also wohl zuerst normal und dann viel geringer.

4) Über die Wirkung längeren, vollkommenen Entzuges s. Kostytschew; Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 40, S. 563 speziell, S. 575, 582—590.

Da mit Ausnahme der angeführten Fälle eine derartige Abnahme nicht vorkam, wurde ein Fehler durch diesen Faktor nicht bedingt.

Übrigens verlief die Atmung im abgeschlossenen Luftraum unter der Glocke ungefähr mit der gleichen Intensität wie im Pettenkofer-Apparat bei konstanter Lüftung¹⁾.

Die Berechnung erfolgte nach der bekannten Formel:

$$V_{760}^0 = \frac{V_P^T (P - b)}{760 (1 + \alpha t)}$$

die zur rascheren Berechnung der ganzen Beobachtungsreihen folgendermaßen umgeformt wurde:

$$\log V_{760}^0 = \log \frac{1}{760} + \log (P - b) + \log V_P^T + \log \frac{1}{1 + \alpha t}.$$

Letzterer Logarithmus wurde den Tabellen von Landolt und Börnstein direkt entnommen.

b bedeutet die Tension des Wasserdampfes bei der abgelesenen Temperatur; wenn letztere während der Dauer des Versuches nur ganz unmerklich schwankte (etwa um $\frac{1}{10}$ bis $\frac{2}{10}^0$), so wurde von ihrer Einführung abgesehen, da, wie Kontrollrechnungen ergaben, diese Ungenauigkeit gegenüber den anderen Fehlern nicht ins Gewicht fällt. Der Druck P wurde gefunden aus dem herrschenden Luftdruck, vermehrt um den Druck der auf der äußeren Quecksilberfläche lastenden Wassersäule und vermindert um die Niveaudifferenz der beiden Quecksilberspiegel. Das Volum V ist der Inhalt der Glocke abzüglich der eingestellten Gegenstände und Flüssigkeiten, sowie der von Wasser und Quecksilber erfüllten Teile der Skala.

c) Bestimmung der Kohlensäureproduktion.

Die produzierte Kohlensäure wurde nach dem von Pfeffer modifizierten Pettenkoferschen Verfahren gemessen; die umstehende Figur zeigt die gewählte Anordnung des näheren. Der Luftstrom passierte zuerst zwei große U-Röhren (A, A), enthaltend mit konzentrierter Kalilauge (40%) getränkte Bimssteinstücke, sodann eine Kontrollflasche (B) mit Barytwasser und danach die Erlenmeyer-Kolben (C u. D, D); dieselben waren beim Studium der normalen Atmung mit Wasser, während der Periode der Giftwirkung mit

1) Bei Pettenkofers Anordnung 15—20 mg CO₂ pro Stunde und unter der Glocke 7—12 ccm O₂ = 13,8—23,6 mg CO₂ für das gleiche Intervall.

einer wässrigen Cyankaliumlösung bis wenig Millimeter unterhalb des Gummistopfens gefüllt. Es hatte die Lösung in *C* (200 cem) die doppelte und in *D, D* (je 100 cem) die gleiche Giftkonzentration, wie die Flüssigkeit, auf die der Pilz während des Versuches gebracht wurde; dadurch sollte eine ungefähre Konstanz in dem Cyankaliumgehalt der Nährlösung erreicht werden. Da aber bei Abwesenheit jeglicher Spur von Kohlensäure in der passierenden Luft kein nennenswertes Herüberdestillieren von Blausäure stattfinden konnte, wurden diese Gefäße (*C* u. *D, D*) bei den letzten Versuchen weggelassen. Wie ein Vergleich der Resultate lehrt, wurde ein Fehler dadurch nicht veranlaßt. Auf diese Kolben folgte das Kulturgefäß (*E*), ein gewöhnlicher Kochkolben, mit der Pilzdecke. Zwischen dies Kulturgefäß und die Barytröhren mußte, um eine Titerabnahme durch übergehende Blausäure zu verhüten, ein Absorptionsmittel für letztere eingeschaltet werden. Ich wählte dazu $\frac{1}{10}$ -normal Silbernitrat - Lösung und beschickte damit zwei kleine Kölbchen (*F, F*) der abgebildeten Form, die hintereinander geschaltet wurden. Im ersten bildete sich jedes-

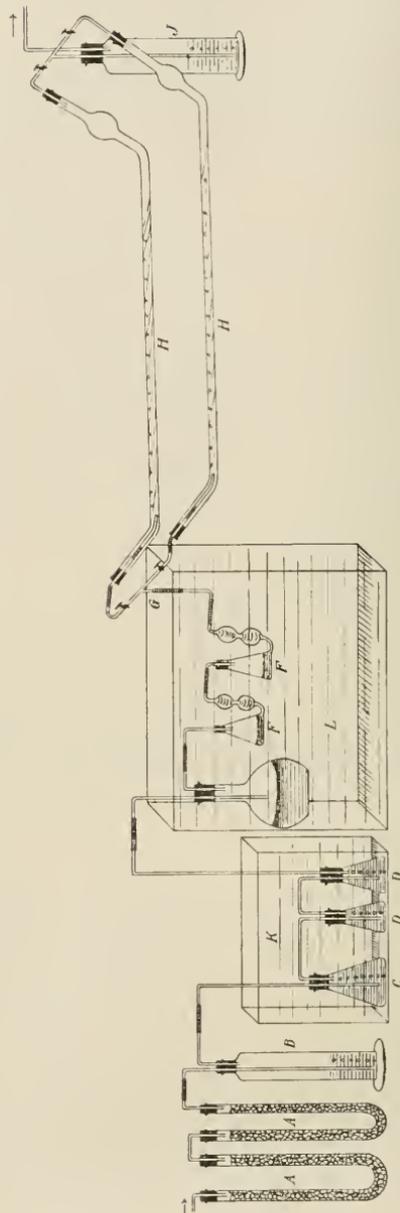


Fig. 2.

mal ein Niederschlag von Cyansilber, während die Lösung in dem zweiten vollkommen klar blieb, was mir die Gewißheit verschaffte, daß keine Blausäure in die Barytröhren gelangte. Die Absorptions-Röhren enthielten je 100 ccm Barytlauge, wovon jeweils 25 ccm, also ein Viertel, zur Titration benutzt wurde. Schließlich wurde bei einigen der Versuche noch eine Kontrollflasche (*J*) mit Barytwasser vorgelegt, da in derselben jedoch niemals Trübungen auftraten, wurde in der Folge von ihrer Einschaltung Abstand genommen. Um gasdichtes Abschließen zu erleichtern, waren die Gefäße *B*, *C*, *D* u. *D* und ebenso *E* und *F*, *F* unter Wasser gesetzt, so daß nur eine geringe Anzahl der Schlässe sich außer Wasser befand. Auch wurden plötzliche Temperaturschwankungen auf diese Weise unmöglich gemacht. Das Saugen der Luft erfolgte durch einen Tropfenaspirator nach Stammer. Der so erzeugte Luftstrom war ausreichend konstant und passierten etwa 3 l die Stunde. Genaue Messung desselben erschien unnötig, da Fehler in der gefundenen Kohlensäuremenge, die durch Unterschiede in der Luftgeschwindigkeit verursacht sein konnten¹⁾, gegenüber den durch das Gift bewirkten Ausschlägen verschwinden. Im übrigen wurde beim Füllen der Röhren, dem Titrieren usw. mit allen schon mehrfach beschriebenen Kautelen gearbeitet.

Allgemeines über die Fehlerquellen der benutzten Methode findet sich bei Pfeffer²⁾, an dessen Vorschriften ich mich hielt. Die Titerabnahme der Barytlauge infolge der Manipulation betrug bis zu 1,2 mg Kohlensäure, was mit den Angaben Pfeffers³⁾ (1,1 mg im Maximum) und Kosinskis⁴⁾ (0,7 mg im Durchschnitt) gut übereinstimmt. Unter Verweisung auf diese Arbeiten bleibt es mir darum nur noch übrig, den Einfluß der durch meine spezielle Aufgabe bedingten Abweichungen von der Anordnung Pfeffers auf die Resultate kurz zu betrachten. Dabei erscheint es zweckmäßig, zunächst die normale Atmung getrennt von den Perioden der Giftwirkung zu behandeln, während das Erholungs-

1) Vgl. Pfeffer, Untersuchungen aus dem botan. Institut zu Tübingen. Bd. 1. S. 641, Anmerkung.

2) A. a. O. und Beiträge zur Kenntnis der Oxydationsvorgänge in lebenden Zellen, Seite 501.

3) Oxydationsvorgänge, S. 502, 503.

4) Kosinski, Die Atmung bei Hungerzuständen usw. bei *Aspergillus niger*. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 37, 1902, S. 138.

stadium bald nach der einen, bald nach der anderen Methode studiert wurde.

Im ersteren Falle (normale Periode), wurde unter Einschaltung sämtlicher Vorlagen (*C*, *D*, *D* mit Wasser, *F*, *F* mit Silbernitrat) sowie des Kulturkolbens mit der Pilzdecke $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ Stunden kohlen-säurefreie Luft durch den Apparat gesaugt. Dadurch wurden die vor der Pilzdecke befindlichen Flüssigkeitsmengen in den Kolben *C*, *D*, *D* annähernd kohlen-säurefrei oder doch so arm an diesem Gase, daß sie während des Versuches nennenswerte Mengen davon nicht mehr abgeben konnten, und die zwischen Kulturgefäß und Pettenkofer-Röhren befindliche Silbernitratlösung entsprechend dem Partiärdruck der Kohlensäure mit dieser gesättigt, so daß ein Gleichgewichtszustand zwischen Absorption und Verflüchtigung eintrat, gleichmäßige Atmungsintensität des Pilzes und ungefähr konstanten Luftstrom vorausgesetzt. Die gleichen Erwägungen haben auch für die unter der Pilzdecke befindliche Nährlösung Geltung.

Bei dem Studium des Ganges der Atmung unter dem Einfluß des Giftes konnte dagegen nicht wie oben auf Konstanz aller Bedingungen hingearbeitet werden, da das Verhalten in der ersten Stunde unmittelbar nach dem Zufügen des Cyankaliums studiert werden mußte; und ebenso war für die Periode der Erholung das Bild nur dann vollständig, wenn bei einigen der Versuche die Atmung sofort nach der Entfernung des Giftes beobachtet wurde. Beidemal wählte ich dann den folgenden Modus. Zunächst wurde der ganze Apparat mit Ausnahme des Kulturkolbens mit dem Pilze, der durch einen Nebenschluß ausgeschaltet war, durch mindestens halbstündiges in der Regel längeres Durchsaugen von kohlen-säurefreier Luft gänzlich von diesem Gase befreit. Damit waren, ganz wie bei dem Vorstehenden, Störungen durch die mit den Flüssigkeiten eingebrachte Kohlensäure vermieden, und brauche ich darum auf die Gefäße *C*, *D*, *D*, die diesmal Cyankaliumlösung enthielten, keine Rücksicht mehr zu nehmen. Anders die Flaschen *F*, *F*, dieselben wirken, da sie zwischen Pilzdecke und Barytröhren eingeschaltet waren, auch durch Absorption der von der Pilzdecke ausgeatmeten Kohlensäure. Doch glaube ich, daß dieser Fehler nicht sehr ins Gewicht fällt, da nach dem Gesetz von Henry ein Gas nur seinem Partiärdruck entsprechend absorbiert wird, und danach um so weniger zurückgehalten, je weniger gebildet wird bzw. je geringer der Gehalt der Luft an Kohlensäure

ist. Außerdem waren die in Frage kommenden Flüssigkeitsmengen (zusammen 90 ccm) auch zu gering, um einen großen Fehler hervorzurufen. Endlich kann ich auch die Versuchsergebnisse selber anführen, die ergaben, daß die Titerabnahme der Barytlösung in der ersten Stunde der Beobachtung nicht kleiner war, als in der zweiten, was doch der Fall sein mußte, wenn die zuerst gebildete Kohlensäure in merkbarer Weise durch die Silberlösung zurückgehalten wurde. Ebenso die Versuche, ohne die Flaschen C und D, D, in denen, um ein vollständiges Bild der Erholung zu bekommen, während dieser Periode auf die eben beschriebene Weise gearbeitet wurde, d. h. also durch Durchsaugen von kohlensäurefreier Luft eine vollkommene Entfernung dieses Gases angestrebt wurde. Es machte sich alsdann sofort nach Entfernung des Giftes und Wiedereinschalten der Decke auf giftfreier Nährlösung eine schwache CO₂-Produktion bemerkbar, die mit großer Gleichmäßigkeit anstieg. Allerdings bedingt hier bei steigender CO₂-Produktion die eingeschaltete Flüssigkeit einen geringen Fehler, da dann der Partiärdruck des Kohlendioxydes und damit auch die Absorption wächst, doch glaube ich, daß derselbe bei den geringen in Betracht kommenden Drucken und der kleinen Flüssigkeitsmenge vernachlässigt werden darf. Analoges ließe sich über den Einfluß der Nährlösung (150 ccm) sagen. Denn auch diese hätte in der ersten Stunde mehr Kohlensäure absorbieren müssen, als in der zweiten, was nicht beobachtet wurde. Die Kulturflasche mit dem Pilz wurde unmittelbar vor Beginn des Versuches durch energisches Lüften mittels einer Wasserstrahlluftpumpe von der angesammelten Atmungskohlensäure befreit, so daß damit also nur etwa 150 ccm Zimmerluft mit ca. 0,150 mg Kohlensäure eingebracht wurden und außerdem noch eine Spur in der Flüssigkeit gelöst. Daß die Pilzdecke selber nicht viel von diesem Gase enthielt, erweisen wieder die Versuchsergebnisse.

Zur Erläuterung des Gesagten sei mir gestattet, auf Versuch 9 hinzuweisen, in dem bei ganz gleicher Vorbehandlung in der ersten Stunde der Giftperiode eine Titerabnahme von 1,3¹⁾, in der zweiten — wo also Konstanz eingetreten sein mußte — von 0,7 zu verzeichnen war; während in der unmittelbar anschließenden Erholungsperiode die Abnahme 3,0 in der ersten und 3,5 in der zweiten Stunde betrug. Somit glaube ich mich zu der Annahme berechtigt,

1) Titerstellung der Säure: 1 ccm = 1 mg CO₂

daß die Fehlergrenze von 1,2 mg Kohlensäure bzw. eine dieser Menge entsprechende Titerabnahme, durch die eingeschalteten Apparate eine wesentliche Verschiebung nicht erfolgte. Auch kann ich endlich noch einen blinden Versuch mitteilen, bei dem, abgesehen davon daß die Pilzdecke fehlte, alles so angeordnet war wie sonst. Er ergab eine Titerabnahme von 1,1 ccm Säure in der ersten und 0,6 ccm in der zweiten Stunde, was sich mit obigen Angaben deckt.

Besprechung der Versuche.

Ich beginne mit den typisch abgelaufenen Versuchen sowohl für den O-Konsum als für die CO₂-Produktion, danach folgt eine kurze Übersicht über die zahlreichen zur Entscheidung der Frage nach einer eventuellen Giftgewöhnung angestellten. Die sich ergebenden allgemeinen Folgerungen und Ausblicke bilden dann den Schluß, wobei noch einige zur Aufklärung speziell interessierender Punkte ausgeführte Versuche mitgeteilt werden.

Bei der Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs ist dieser gleich der Volumabnahme gesetzt und in Kubikzentimetern bei 0° C und 760 mm Druck angegeben. Um vergleichbare Daten zu geben, ist in einer besonderen Kolumne der Konsum pro halbe Stunde, das gewöhnliche Beobachtungsintervall, mitgeteilt. Bei der Messung der Kohlensäureausscheidung bedeuten die Angaben Milligramm Kohlendioxyd pro Stunde. Über jedem Versuch findet sich die mittlere Temperatur, bei der er stattfand, die Dauer der Einwirkung des Giftes, sowie die Giftdosis mitgeteilt. Letztere ist in Gramm Cyankalium auf 150 ccm Nährlösung angegeben und bedeutet, da diese Flüssigkeitsmenge jeweils dem Pilz geboten wurde, die absolute Giftmenge. Die Konzentration ist daraus ohne weiteres zu berechnen. Das benutzte Cyankalium war ungefähr 50% ig bei den Versuchen 1 bis 16; bei den späteren stärker, ungefähr 90—100% ig. Da es mir nicht darauf ankam, die tödliche oder lähmende Dosis genau zu bestimmen, was auch bei den großen individuellen Verschiedenheiten bedeutende Schwierigkeiten geboten hätte, sah ich davon ab, bei jedem einzelnen Versuche die zeitraubenden Titrationen auszuführen.

Die mit einem Stern versehenen Versuche sind wegen mangelhafter Temperaturmessung nur qualitativ benutzbar. Für alle weiteren Einzelheiten verweise ich auf die beigefügten Tabellen.

A. Sauerstoffkonsum.

Versuch 1.

Temp. 18° C. Gabe: 0,0164 g KCN. NL.

Dauer der Giftwirkung: Nicht genau bestimmbar (siehe S. 431).

		Volum-Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Stunde
22. II. 04.	12 ³⁵ —1 ³⁵	8,1	4,05
	1 ³⁵ —2 ⁰⁶	4,0	4,0
	3 ³⁵ —4 ⁰⁶	4,0	4,0
KCN — zugesetzt:			
	4 ²⁰ —4 ⁵⁰	1,7	1,7
	4 ⁵⁰ —5 ²⁰	1,8	1,8
	5 ²⁰ —5 ⁵⁰	2,7	2,7
	5 ⁵⁰ —6 ²⁰	3,0	3,0
	6 ²⁰ —6 ⁵⁰	4,3	4,3
	6 ⁵⁰ —7 ²⁰	4,6	4,6
	7 ²⁰ —9 ⁵⁰	24,3	4,9

und dann nach einem vorübergehenden Sinken auf 3,2 ccm infolge O-Mangels (S. 418) am folgenden Tage wieder 4,8 ccm O-Konsum pro halbe Stunde. Die Atmung wurde mithin auf 42% der Norm herabgesetzt.

Versuch 2.

Temp. 18° C. Gabe: 0,1412 g KCN. NL. Dauer der Einwirkung: 1 Stunde.

		Volum-Abnahme			
		Intervall	pro 1/2 Stunde		
23. II. 04.	3 ⁰⁰ —3 ³⁰	3,4	3,4	Das Plus-Zeichen deutet hier und später eine scheinbare Volum-Zunahme, wohl durch Fehler in der Temperatur-Bestimmung bedingt.	
	3 ³⁰ —4 ⁰⁰	4,2	4,2		
Zufügen von KCN:					
	4 ¹⁸ —4 ⁴⁸	+ 0,3	+ 0,3		
	4 ⁴⁴ —5 ¹⁸	— 0,2	— 0,2		
Ausgewaschen:					
	5 ³⁵ —6 ⁰⁶	+ 0,1	+ 0,1		
	6 ⁰⁶ —6 ³⁶	— 0,6	— 0,6		
	6 ³⁶ —8 ¹⁰	6,3	1,9		
	8 ¹⁰ —10 ⁰⁰	11,2	3,0		
10 ⁰⁰ —21. II.	9 ¹⁰	69,5	3,0		O ₂ -Mangel.
	9 ⁵⁵ —10 ⁵⁵	5,9	3,0		
	10 ⁵⁵ —11 ²⁵	3,6	3,6		

Hier war also eine vollkommene Sistierung erreicht; der Versuch wird darum bei der Diskussion der Frage nach dem Stillstand der Atmung besprochen werden.

Versuch 6.

Temp. 17,5° C. Gabe: 0,1412 g KCN. NL II. Dauer der Einwirkung: 1½ Stunden.

		Volum-Abnahme	
		Intervall	pro ½ Stunde
10. III. 04.	9 ²⁰ —9 ¹⁰	3,1	3,1
	9 ⁶⁰ —10 ²⁰	4,9	4,9
KCN-Zusatz:			
	10 ³⁵ —11 ⁰⁵	0,05	0,05
	11 ⁰⁵ —11 ³⁵	0,3	0,3
	11 ³⁵ —12 ⁰⁵	0,5	0,5
Ausgewaschen:			
	12 ¹⁰ —12 ³⁵	1,9	2,3
	12 ³⁵ —1 ⁰⁵	2,6	2,6
	1 ⁰⁵ —2 ⁴⁰	7,7	2,4

Auf dem Stand von 2,5 ccm pro ½ Stunde blieb die Atmung bis 4 Uhr 20 Min. und ebenso von 9—10 am folgenden Vormittag. Es hatte also ein Sinken auf 7% der Norm stattgefunden.

Versuch 94.

Temp. 24,3° C. Gabe: 0,200 g KCN. NL. Dauer der Einwirkung: 3¼ Stunden.

		Volum-Abnahme	
		Intervall	pro ½ Stunde
14. I. 05.	10 ¹⁰ —10 ⁴⁰	5,9	5,9
	10 ⁴⁰ —11 ¹⁰	5,9	5,9
KCN-Zusatz:			
	11 ²⁵ —11 ⁵⁵	1,2	1,2
	11 ⁵⁵ —12 ²⁵	1,0	1,0
	12 ²⁵ —12 ⁵⁵	0,9	0,9
	12 ⁵⁵ —1 ⁵⁵	1,2	0,6
	1 ⁵⁵ —2 ²⁵	1,1	1,1

Mithin ein Absinken auf 18%.

Versuch 92.

Temp. 18° C. Gabe: 0,200 g KCN. NL III. Dauer der Einwirkung 3 Stunden.

		Volum-Abnahme	
		Intervall	pro ½ Stunde
22. XI. 04.	11 ²⁵ —11 ⁵⁵	4,8	4,8
	11 ⁵⁵ —12 ²⁵	5,6	5,6
KCN-Zusatz:			
	2 ⁴⁵ —3 ¹⁵	0,3	0,3
	3 ¹⁵ —3 ⁴⁵	0,2	0,2
	3 ⁴⁵ —4 ¹⁵	0,4	0,4
	4 ¹⁵ —4 ⁴⁵	0,1	0,1
	4 ⁴⁵ —5 ¹⁵	0,7	0,7

		Volum-Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Stunde
Ausgewaschen:			
22. XI. 04.	5 ⁴⁵ —6 ¹⁵	0,6	0,6
	6 ¹⁵ —8 ⁰⁵	6,5	1,8
23. XI. 04.	9 ⁰⁵ —9 ³⁵	3,3	3,3
	9 ³⁵ —10 ⁰⁵	4,6	4,6
	10 ⁰⁵ —10 ³⁵	4,0	4,0

Also ein Herabgehen auf 6 1/2 0/0.

Versuch 86.

Temp. 16° C. Gabe: 0,200 g KCN. NL. II. Dauer der Einwirkung: 3—3 1/2 Stunden.

		Volum-Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Stunde
15. XII. 04.	9 ⁰⁰ —10 ⁰⁰	2,0	2,0
	10 ⁰⁰ —10 ³⁰	3,0	3,0
	10 ³⁰ —11	3,4	3,4
KCN-Zusatz:			
verunglückt.			
	11 ¹⁰ —11 ⁴⁰		
	11 ⁴⁰ —12 ¹⁰	0,6	0,6
	12 ¹⁰ —12 ⁴⁰	0,3	0,3
	12 ⁴⁰ —1 ¹⁰	0,5	0,5
	1 ¹⁰ —1 ⁴⁰	0,1	0,1
	1 ⁴⁰ —2 ¹⁰	0,3	0,3
Ausgewaschen. (Von 2 ¹⁵ ab auf giffreier Lösung):			
	3 ²⁰ —3 ⁵⁰	1,3	1,3
	3 ⁵⁰ —4 ²⁰	2,0	2,0
	4 ²⁰ —5 ²⁰	3,2	1,6
16. XII. 04.	8 ⁵⁵ —9 ⁵⁵	5,7	2,9
KCN-Zusatz:			
	10 ²⁵ —10 ⁵⁵	0,7	0,7
	10 ⁵⁵ —11 ²⁵	0,8	0,8
	11 ²⁵ —11 ⁵⁵	0,3	0,3
	11 ⁵⁵ —12 ²⁵	0,5	0,5
	12 ²⁵ —12 ⁵⁵	0,7	0,7
Ausgewaschen. (Von 1 ⁰⁰ ab auf giffreier Lösung):			
	2 ⁵⁵ —3 ²⁵	2,2	2,2
	3 ²⁵ —3 ⁵⁵	1,6	1,6
	4 ⁵⁵ —4 ²⁵	2,5	2,5

Also ein Sinken auf 13 bzw. 21 0/0.

Diesem letzteren Versuche entspricht noch eine größere Anzahl anderer, die bei der Diskussion der Frage nach der Giftgewöhnung mitgeteilt werden sollen.

Versuch 96.

Temp. 17,5° C. Gabe: 0,800 g KCN. NL. Dauer der Giftwirkung: 2 Stunden.

		Volum-Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Stunde
13. II. 05.	9 ¹⁸ —9 ⁴⁸	2,7	2,7
	9 ⁴⁸ —10 ¹⁸	3,3	3,3
	10 ¹⁸ —10 ⁴⁸	4,9	4,9
KCN-Zusatz:			
	11 ⁰⁵ —11 ⁸⁵	0	0
	11 ⁸⁵ —12 ⁰⁵	0,2	0,2
	12 ⁰⁵ —12 ⁸⁵	0,4	0,4
	12 ⁸⁵ —1 ⁰⁵	0,5	0,5
Ausgewaschen:			
	1 ⁸⁰ —2 ⁰⁰	0,9	0,9
	2 ⁰⁰ —2 ⁸⁰	1,8	1,8
	2 ⁸⁰ —3 ³⁰	4,8	2,4

Dann sukzessive 2, 2; 2, 2; 2, 1; und am folgenden Vormittag 1, 5; 3, 0; 2, 3; und 3, 2.

Die Atmungsintensität unter dem Einfluß des Giftes (stärkste benutzte Dosis) betrug also etwas über 7% der Norm.

Zum Schluß dieser Reihe füge ich noch einen Versuch an, bei dem die Nährlösung bei derselben Zusammensetzung wie gewöhnlich an Stelle von Rohrzucker Traubenzucker enthielt. Das Resultat stimmt vollkommen mit dem der übrigen überein.

Versuch 88.

Temp. 17° C. Gabe: 0,200 g KCN. NL. (Mit Traubenzucker.)
Dauer der Einwirkung: 2 Stunden.

		Volum-Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Stunde
12. XII. 04.	11 ⁰⁰ —2 ⁰⁰	19,9	3,3
KCN-Zusatz:			
	2 ²⁰ —2 ⁵⁰	0,5	0,5
	2 ⁵⁰ —3 ²⁰	0,5	0,5
	3 ²⁰ —3 ⁵⁰	0,5	0,5
	3 ⁵⁰ —4 ²⁰	0,2	0,2
Ausgewaschen:			
	4 ⁵⁰ —5 ²⁰	0,6	0,6
	5 ²⁰ —5 ⁵⁰	1,0	1,0
	5 ⁵⁰ —6 ²⁰	1,6	1,6
13. XII. 04.	9 ³⁰ —10 ³⁰	4,6	2,3

B. Kohlensäureproduktion.

Genau in der gleichen Weise wurde auch die CO₂-Produktion herabgesetzt, wie die folgenden Versuche ergeben. Vorausschicken möchte ich denselben, daß sie durchgängig weit größere Übereinstimmung zeigen, als die zur Messung des O-Konsums angestellten, und daß Versuche, deren Deutung eine gewisse Schwierigkeit bietet und die für jene Anordnung noch zu besprechen sind, hier überhaupt nicht vorkommen.

Versuch 3.

Gabe: 0,100 g KCN. NL III. Dauer der Einwirkung: 2 Stunden.

14. VII. 04.	11 ⁵⁵ —12 ⁵⁵	Normal	21,05 mg CO ₂ pro Stunde
	4 ⁵⁰ —5 ⁵⁰	} KCN.	3,85 " " " "
	5 ⁵⁰ —6 ⁵⁰		5,85 " " " "

Versuch 2.

Gabe: 0,200 g KCN. NL III. Dauer der Giftperiode: 2 Stunden.

13. VII. 04.	11—12	Normal	18,45 mg CO ₂ pro Stunde
	4—5	} KCN.	1,23 " " " "
	5—6		0,85 " " " "
14. VII. 04.	9 ⁵⁰ —10 ⁵⁰	Normal	22,65 " " " "

Also ein Rückgang bis in die Grenzen der Versuchsfehler.

Versuch 5.

Gabe: 0,200 g KCN. NL III. Dauer der Einwirkung: 2 Stunden.

3. XI. 04.	1 ¹⁰ —2 ¹⁰	Normal	21,5 mg CO ₂ pro Stunde
	2 ⁴⁵ —3 ⁴⁵	} KCN.	2,1 " " " "
	3 ⁴⁵ —4 ⁴⁵		2,7 " " " "
	4 ⁵⁵ —5 ⁵⁵	} Normal	8,0 " " " "
	6 ⁰⁷ —7 ⁰⁷		13,2 " " " "
5. XI. 04.	4 ³⁰ —5 ³⁰		24,3 " " " "

Versuch 6.

Gabe: 0,200 g KCN. NL III. Dauer der Einwirkung: 2 Stunden.

7. XI. 04.	9 ⁵³ —10 ⁵⁰	Normal	19,5 mg CO ₂ pro Stunde
	1 ²⁶ —2 ²⁵	} KCN.	2,9 ¹⁾ " " " "
	2 ²⁵ —3 ²⁵		1,8 ²⁾ " " " "
	4 ¹⁵ —5 ¹⁵	} Normal	7,6 " " " "
	5 ¹⁵ —6 ¹⁵		13,0 " " " "

1) Es fallen Spuren von BaCO₃ aus, da es versäuert wurde, die Flasche mit der Pilzdecke zu lüften.

2) Die Barytlösung blieb vollkommen klar.

Versuch 7.

Gabe: 0,200 g KCN. NL III. Dauer der Einwirkung: 2 Stunden.

9. XI. 04.	12 ⁰⁵ —1 ⁰⁵	Normal	14,4	mg	CO ₂	pro	Stunde
	3 ³⁰ —4 ³⁰	} KCN.	(2,4) ¹⁾	n	n	n	n
	4 ³⁰ —5 ³⁰		1,8	n	n	n	n
	6 ⁰⁵ —7 ⁰⁵		6,3	n	n	n	n

Versuch 9.

Gabe: 0,400 g KCN. NL. Dauer der Einwirkung: 2 Stunden.

11. II. 05.	9 ¹⁵ —10 ¹⁵	Normal	14,8	mg	CO ₂	pro	Stunde
	11 ³⁰ —12 ³⁰	} KCN.	1,3	n	n	n	n
	12 ³⁰ —1 ³⁰		0,7	n	n	n	n
	2—3	} Normal	3,0	n	n	n	n
	3—4		3,5	n	n	n	n
	4—5		4,5	n	n	n	n
	5—6		4,5	n	n	n	n
12. II. 05.	10 ³⁰ —11 ³⁰		19,0	n	n	n	n

Versuch 10.

Gabe: 0,400 g KCN. NL. Dauer der Einwirkung: 2 Stunden.

19. II. 05.	9 ⁵⁵ —10 ⁵⁵	Normal	13,1	mg	CO ₂	pro	Stunde
	11 ⁴⁰ —12 ⁴⁰	} KCN.	1,9	n	n	n	n
	12 ⁴⁰ —1 ⁴⁰		1,7	n	n	n	n
	3 ⁰⁴ —4 ⁰⁴	} Normal	2,8	n	n	n	n
	4 ⁰⁴ —5 ⁰⁴		6,2	n	n	n	n
20. II. 05.	10 ¹⁰ —11 ¹⁰		8,6	n	n	n	n

Versuch 11.

Gabe: 0,400 g KCN. NL. Dauer der Einwirkung: 2 Stunden.

26. II. 05.	11 ¹⁰ —12 ¹⁰	Normal	9,1	mg	CO ₂	pro	Stunde
	2 ⁴⁰ —3 ⁴¹	} KCN.	1,1	n	n	n	n
	3 ⁴⁰ —4 ⁴⁰		0,8	n	n	n	n
27. II. 05.	9 ⁵⁰ —10 ⁵⁰	Normal	8,1	n	n	n	n

Es tritt mithin bei all diesen Versuchen, wenn man zunächst von der Frage der Sistierung gänzlich absieht, unter der Einwirkung des Cyankaliums eine sehr starke Depression sowohl des O-Konsums wie der CO₂-Produktion ein, so daß beide Phasen des Gasaustausches — ohne Rücksicht auf Fehlerquellen, die den Ausschlag vergrößern — auf 5—6% (auch weniger, Versuch 2) des normalen Wertes herabgesetzt werden. Es ergibt diese Tatsache dann auch sofort die Berechtigung meiner früheren Ausführung, daß die durch die eingetretene Temperaturänderung, sowie die möglicherweise durch

1) Ungenau, da kurze Zeit infolge falscher Hahnstellung von Kohlensäure nicht befreite Luft durchpassierte.

Wechsel zwischen Licht und Dunkelheit verursachten Schwankungen den erhaltenen Ausschlägen gegenüber vernachlässigt werden dürfen.

Diese starke Atmungsdepression als Absterbeerscheinung zu deuten ist unzulässig, denn einmal tritt sie ausnahmslos unmittelbar nach dem Zufügen des Giftes in voller Stärke ein, derart, daß sie schon im ersten Beobachtungsintervall sich in ihrer ganzen Ausdehnung zu erkennen gibt; und dann konnte, worauf ganz besonders Wert gelegt werden muß — abgesehen von wenigen noch zu besprechenden Versuchen — eine vollkommene Erholung nach Entfernung und Auswaschen des Giftes früher oder später beobachtet werden. Diese Erholungsperiode ist für die CO₂-Produktion besonders sorgfältig im Versuch 9 studiert worden. Derselbe zeigt mit großer Schärfe das sofort nach dem Verbringen der Decke auf giftfreie Lösung einsetzende, langsame Ansteigen von 0,7 mg letzte Stunde der Giftperiode auf 3; 3,5; und 4,5; 4,5, während am nächsten Vormittag die normale CO₂-Produktion wieder Platz gegriffen hatte. Dasselbe Bild ergeben für den O-Verbrauch besonders schön Versuch 86 I mit [0,3]¹⁾ 1,3; 2,0; 1,6 und Versuch 2 mit [0,2] 0,1; 0,6; 1,9; 3,0. Weniger deutlich z. B. Versuch 6, wo sofort nach Entfernung des Giftes die Atmung mit etwa der Hälfte der früheren Intensität einsetzte, und dauernd auf diesem niederen Stande verblieb. Hier muß schon, wie in einer Anzahl noch zu erwähnender Versuche, mit einer bleibenden Schädigung gerechnet werden. Zu Versuch I, bei dem ein Abgießen der mit Cyankalium versetzten Lösung nicht vorgenommen wurde und trotzdem die normale, ja eine dieselbe überschreitende Atmung wieder eintrat, ist Folgendes zu bemerken. Die Nährlösung war in diesem Falle schwach angesäuert, wodurch bewirkt wurde, daß die geringe Menge Blausäure sehr bald in die Kalilauge überdestillierte, ein Vorgang, der durch die, wenn auch nur in stark herabgesetztem Maße, gebildete Kohlensäure beschleunigt werden mußte. Die Folge davon war, daß die Nährlösung sehr bald giftfrei wurde und dann in den normalen Verhältnissen naturgemäß auch die frühere Atmungsintensität wieder erreicht wurde. Überschritten wurde die Norm nach meinem Dafürhalten aber nicht, denn die Steigerung von 4 auf 4,6 mag mit der Temperaturerhöhung begründet werden und die Zahl 4,9 am folgenden Tag mit dem Wachstumszuwachs in 24 Stunden (ver-

1) Die durch Umrahmung hervorgehobenen Zahlen stellen Angaben für die Giftperiode dar, während die andern sich auf normale Perioden beziehen.

gleiche Versuch 16 der Tabellen). Es wurde somit eine Steigerung der Atmungsintensität nach Entfernung des Giftes weder in diesem noch in einem anderen Falle mit Bestimmtheit beobachtet und findet wohl unter dem Einfluß von Blausäure bezw. Cyankalium überhaupt nicht statt. Daß das Wiederanwachsen des Gasaustausches zur früheren Größe wirklich als eine Rückkehr der Atmung des gesamten Mycels bezeichnet werden muß und nicht etwa durch ein Auswachsen von überlebenden Teilen, die durch irgend einen Zufall vor der Zerstörung durch das Gift bewahrt blieben, oder ein Auskeimen von Sporen oder endlich gar durch Bakterienentwicklung vorgetäuscht wurde, ergibt sich aus folgenden Erwägungen. Die Rückkehr zur Norm vollzieht sich sehr rasch, so daß die Zeit, in der dieses angenommene Wachstum sich vollziehen müßte, im Versuch 86 I nur etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden; bei Versuch 92 zwölf Stunden; im Versuch 2 etwa 4—5 Stunden betragen dürfte, während bei den Versuchen 6 und 86 II, wo eine eigentliche Erholungsperiode nicht vorhanden war, gar keine Zeit dafür übrig bleibt.

Dasselbe gilt in vollem Umfange für die CO_2 -Produktion, wie unter anderem besonders schön die Ergebnisse des Versuches 9 beweisen. Ein so schnelles Auswachsen überlebender Teile, daß dadurch die beobachtete starke Atmung erklärt werden könnte, muß in einem derart kurzen Zeitraume als unmöglich bezeichnet werden. In noch höherem Maße gilt dies für Bakterienentwicklung aus der Decke anhängenden¹⁾ Sporen oder vegetativen Stadien, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß weder die Temperatur (Zimmertemperatur) noch das Nährsubstrat (neutrale oder saure Lösung) eine rasche Vermehrung der Bakterien begünstigte. Ein Versuch bestätigte in vollem Maße die Richtigkeit dieser Ausführung. Ich wählte den Pilz des Versuches 12, bei dem die Rückkehr zur normalen Atmungsintensität besonders lang auf sich warten ließ. Derselbe hatte vor der Vergiftung 7,7 ccm Sauerstoff pro $\frac{1}{2}$ Stunde verbraucht. Die Giftperiode selbst ist wegen ungenügender Temperaturmessung nur qualitativ benutzbar und ergab die gewöhnliche starke Depression. Nach Entfernung des Giftes wurden die folgenden Werte für den Sauerstoffverbrauch für die $\frac{1}{2}$ Stunde gefunden: 0,7; 0,2; 0,2; und während der Nacht aus 15 Stunden berechnet 1,2 (durch O-Mangel; Partiärdruck ca. 30 mm Hg, siehe S. 418). Am folgenden Vormittag endlich 5,6 aus $1\frac{1}{2}$ stündiger Beobachtung berechnet. Dann wurde die Decke, nachdem

1) Die zugefügte Nährlösung war immer steril.

sie längere Zeit in der Nährlösung kräftig hin und her geschwenkt war, entfernt und dieselbe Lösung ohne die Decke wieder unter die Glocke gebracht. Die danach gefundenen Zahlen für die Volumänderungen sind: + 0,4; 0,0; + 0,3; — 0,06 (aus 14 Stunden gleich 1,6); — 0,47 (aus 7 Stunden gleich 6,0). Es war also eine ganz minimale Atmung 0,06 etwa 1% des unmittelbar vorher bei Gegenwart der Decke gefundenen Wertes 16 Stunden nach Wegnahme des Pilzes d. h. also volle 18 Stunden von dem Zeitpunkte an, wo die Decke auf die untersuchte Nährlösung versetzt wurde, zu beobachten. Im Verlauf von abermals 6—7 Stunden, d. h. also nach 22—23 (bezw. 24—26) Stunden stieg dann der Sauerstoffkonsum auf 0,47 ccm also etwa 8% der Norm. Es hatte sich aber auch bis dahin aus den beim energischen Abschwenken der Decke in der Nährlösung verteilten Sporen bereits wieder eine dünne Pilzhaut auf der Flüssigkeit gebildet, weshalb der Versuch nicht weiter fortgesetzt wurde. Seinen Zweck, mir ein Bild von dem Einfluß des von auskeimenden Sporen oder sich entwickelnder Bakterienvegetation verursachten Fehlers zu geben, hat er trotz der erwähnten ungenauen Temperaturmessung erfüllt, indem er zeigte, daß ein Wiederanwachsen der Atmung zur Norm innerhalb 24 Stunden (und noch mehr) durch die angeführten Faktoren nicht vorgetäuscht werden kann, und zwar sind die Ergebnisse derart, daß sie jede andere Deutung mit völliger Bestimmtheit ausschließen.

Die Umkehrung der eben durchgeführten Betrachtung ergibt auch ohne weiteres die für die Erklärung der Mechanik der Blausäurewirkung bedeutungsvolle Tatsache, daß die Atmungsdepression wirklich dadurch zustande kommt, daß jede einzelne Zelle unter dem Einfluß des Giftes mit geringerer Intensität atmet als vorher und nachher, und nicht etwa dadurch, daß bei gleicher Atmungsintensität der Einzelzelle die Anzahl der atmenden Zellen eine Abnahme erfahren hat.

Vor kurzem haben Polowzoff¹⁾ und Nabokich²⁾ darauf aufmerksam gemacht, daß ein großer Teil der Kohlensäure, die bei Untersuchungen über die Atmung keimender Samen usw. gefunden worden ist, durch die Tätigkeit von Spaltpilzen gebildet worden sei. Dieser Einwurf trifft für meine Versuche, wie die

1) Zit. nach Nabokich; vgl. auch Bot. Centralbl., Bd. 93, 1903, S. 462.

2) Über den Einfluß der Sterilisation der Samen auf die Atmung. Ber. d. deutsch. Bot. Ges., Bd. 21, 1903, S. 279.

obigen Darlegungen ergeben, nicht zu; denn bis zu Beginn des Versuches hatte ich eine Reinkultur in Händen und die Keime, die unzweifelhaft während desselben in die Nährlösung gelangten, konnten sich unmöglich so rasch vermehren, als es erforderlich ist, wenn ein nennenswerter Bruchteil des gefundenen Gasumsatzes ihrer Tätigkeit zugeschrieben werden soll. Will man aber trotzdem diese unwahrscheinliche Annahme machen, so kommt man über die Folgerung nicht hinaus, daß eben die Atmung der Bakterien genau in der gleichen Weise beeinflußt wurde, wie die von *Aspergillus*.

Ich lasse nunmehr diejenigen Versuche folgen, in denen der Pilz längere Zeit (9—21 Stunden) auf der Giftlösung verblieb.

Versuch 15*.

Temp. 24° C. Gabe 0,100 g KCN. NL.III. Dauer der Einwirkung 21 Stunden.

		Volum - Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Stunde
6. VII. 04.	10 ²⁵ —10 ⁵⁵	5,6 ccm	5,6 ccm
	10 ⁵⁵ —12 ²⁵	22,9 "	7,6 "
KCN - Zusatz :			
	4 ¹⁰ —4 ⁴⁰	+ 0,2 ccm	+ 0,2 ccm
	4 ⁴⁰ —5 ¹⁰	+ 0,1 "	+ 0,1 "
	5 ¹⁰ —5 ⁴⁰	- 0,5 "	- 0,5 "
	5 ⁴⁰ —6 ¹⁰	- 0,3 "	0,3 "
6 ¹⁰ —7. VII. 8 ²⁰	8 ²⁰ —9 ²⁰	23,5 "	0,8 "
	9 ²⁰ —10 ²⁵	1,7 "	0,8 "
	10 ²⁵ —12 ⁴⁵	3,2 "	1,6 "
		7,2 "	1,5 "
Ausgewaschen :			
	3 ²⁵ —3 ⁵⁵	2,9 ccm	2,9 ccm
	3 ⁵⁵ —4 ²⁵	4,4 "	4,4 "
	4 ²⁵ —4 ⁵⁵	2,9 "	2,9 "

Versuch 13*.

Temp. 25° C. Gabe 0,200 g KCN. NL.III. Dauer der Einwirkung 14 1/2 Stunden.

		Volum - Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Stunde
17. VI. 04.	6 ³⁵ —6 ⁵⁵	4,5 ccm	4,5 ccm
KCN - Zusatz :			
	7 ²³ —7 ⁵³	+ 0,3 ccm	+ 0,3 ccm
7 ⁵³ —18. VI. 8 ³⁰	8 ³⁰ —9 ⁰⁰	- 2,2 "	- 0,09 "
	9 ⁰⁰ —10 ⁰⁰	+ 0,2 "	+ 0,2 "
		+ 0,3 "	+ 0,15 "

		Volum - Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Stunde
Ausgewaschen:			
18. VI. 04.	10 ⁴³ —6 ⁴⁰	— 0,3 ccm	— 0,02 ccm
	6 ⁴⁰ —19. VI. 9 ⁶⁰	— 29,3 "	1,0 "
	9 ⁰⁰ —9 ³³	2,1 "	2,1 "
	9 ³⁰ —10 ⁰⁰	1,8 "	1,8 "
	10 ⁰³ —10 ³³	1,5 "	1,5 "
	10 ³⁰ —2 ⁰⁵	14,7 "	2,1 "

Diese beiden Versuche leiden unter mangelhafter Temperaturbestimmung. Sie ergeben beide eine nur sehr unvollkommene und langsame Erholung. Zu Versuch 15, bei dem eine schwache Atmung schon vor der Entfernung des Giftes sich allmählich verstärkend wieder auftrat, ist dasselbe zu bemerken wie S. 431 zu Versuch I und genügt darum der Hinweis auf das dort gesagte.

Im Gegensatz zu den beiden eben mitgeteilten Versuchen konnte in den nunmehr folgenden eine Erholung überhaupt nicht beobachtet werden.

Versuch 99.

Temp. 16—17° C. Gabe 0,200 g KCN. NL. Dauer der Einwirkung 19 Stunden.

		Volum - Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Stunde
14. II. 05.	2 ²⁵ —2 ³⁵	3,7 ccm	3,7 ccm
	2 ⁵⁵ —3 ²⁵	3,4 "	3,4 "
	3 ²⁵ —3 ⁵⁵	3,4 "	3,4 "
KCN - Zusatz:			
	4 ¹⁰ —4 ⁴³	0,2 ccm	0,2 ccm
	4 ⁴³ —5 ⁴⁰	0,6 "	0,3 "
	5 ⁴⁰ —6 ⁴³	0,9 "	0,45 "
6 ⁴⁰ —15. II. 9 ¹⁰		3,6 "	0,13 "
	9 ¹⁰ —9 ⁴³	0,4 "	0,4 "
	9 ⁴⁰ —10 ¹⁰	0 "	0 "
	10 ¹⁰ —10 ⁴³	0 "	0 "
	10 ⁴⁰ —11 ¹⁰	0,1 "	0,1 "
Ausgewaschen:			
	11 ⁵² —12 ²²	0 ccm	0 ccm
	12 ²² —12 ⁵²	0,2 "	0,2 "
	12 ⁵² —2 ¹²	0,4 "	0,1 "
	2 ¹² —4 ⁴³	0,6 "	0,15 "
4 ⁴³ —16. II. 8 ³³		4,3 "	0,13 "
	8 ³⁰ —10 ⁰⁰	0,05 "	0,02 "

Versuch 100.

Temp. 18° C. Gabe: 0,500 g KCN. NL. Dauer der Einwirkung: 9 Stunden.
Sehr dicke Decke

		Volum-Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Stunde
20. II. 05.	10 ⁰⁵ —10 ³⁵	2,4	2,4
	10 ³⁵ —11 ⁰⁵	3,7	3,7
KCN-Zusatz:			
	11 ³⁰ —11 ⁴⁵	0,2	0,3
	11 ⁴⁵ —1 ¹⁵	1,6	0,4
	1 ⁴⁵ —2 ¹⁵	0,2	0,2
	2 ¹⁵ —2 ⁴⁵	0,3	0,3
	2 ⁴⁵ —3 ¹⁵	0,3	0,3
	3 ¹⁵ —3 ⁴⁵	0,3	0,3
	3 ⁴⁵ —4 ¹⁵	0,2	0,2
	4 ¹⁵ —5 ¹⁵	0,6	0,3
	5 ¹⁵ —8 ¹⁵	1,0	0,17
Ausgewaschen:			
8 ¹⁰ —21. II. 9 ¹⁰		5,4	0,2
	9 ¹⁰ —2 ¹⁰	1,6	0,16
	2 ¹⁰ —4 ¹⁰	0,7	0,2
4 ¹⁰ —22. II. 9 ⁰⁰ V.		3,3	0,3

Versuch 97.

Temp. 18°. Gabe: 0,400 g KCN. NL. Dauer der Einwirkung: 19 Stunden.

		Volum-Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Stunde
13. II. 05.	2 ²³ —3 ²³	12,8	6,4
KCN-Zusatz (Destilliertes Wasser):			
	3 ⁴⁰ —4 ¹⁰		verunglückt
	4 ¹⁰ —4 ⁴⁰	0,9	0,9
	4 ⁴⁰ —5 ¹⁰	0,7	0,7
	5 ¹⁰ —5 ⁴⁰	0,9	0,9
	5 ⁴⁰ —8 ⁰⁵	1,1	0,2
8 ⁰⁵ —14. II. 9 ⁰⁰		+ 1,2	
	9 ⁰⁰ —10 ³⁰	0	0
Ausgewaschen:			
	11—12	+ 0,5	
	12—2 ³⁰	0,02	
	2 ³⁰ —3 ³⁰	+ 0,3	
	3 ³⁰ —4 ³⁰	+ 0,2	
4 ³⁰ —15. II. 9 ¹⁵		— 1	

Also bei längerer Dauer der Giftwirkung trat niemals eine vollkommene Erholung ein. Versuch 15 zeigt ein Wiederauwachsen der Atmungsintensität auf 50% der Norm; jedoch ist gerade bei ihm die lange Dauer der Einwirkung nicht mit Bestimmtheit erwiesen, aus den S. 431 und 435 angeführten Gründen. Bei Versuch 13 konnte nach 24 Stunden eine Atmung von etwa 40% der normalen Stärke beobachtet werden, also eine starke dauernde Schädigung, während die Versuche 99, 100 u. 97 überhaupt kein Wiederauftreten der Atmung zeigten. Denn der geringfügige Sauerstoffkonsum, der z. B. bei Versuch 100 etwa 24—36 Stunden nach Entfernung des Giftes zu bemerken war, kann im Hinblick auf die Ergebnisse des Versuches 12 ganz gut mit einem Auskeimen von Sporen erklärt werden, wie S. 432, 433 des näheren ausgeführt wurde.

Das Studium des Verhaltens von *Aspergillus niger* bei längerer Dauer der Giftwirkung bestätigt also vollkommen die bekannte Tatsache, daß eine größere Giftdosis bei nur kurzer Einwirkung weniger schädigt als eine verhältnismäßig geringe bei längerer Dauer¹⁾. Zum Beweise vergleiche man nur die eben erwähnten Versuche mit den früher aufgeführten; besonders mit Nr. 96 für den O-Konsum und Nr. 9, 10 u. 11 für die CO₂-Produktion, in denen Dosen von 0,4—0,8 g Cyankalium bei 2stündiger Einwirkung ohne dauernde Schädigung ertragen wurden, während bei längerer Berührung schon 0,2 g tödlich wirkten. Die Frage, ob diese energische Wirksamkeit damit erklärt werden kann, daß die andauernde Herabsetzung oder Sistierung der Atmung für sich allein unter den gegebenen Bedingungen das Leben vernichtet, oder ob daneben noch ein zweiter langsamer verlaufender Eingriff des Cyankaliums angenommen werden muß, der den Tod herbeiführt, wird später zu diskutieren sein.

Zu Versuch 97 muß noch bemerkt werden, daß hierbei das Gift nicht in einer Nährlösung, sondern in destilliertem Wasser gelöst, verabreicht wurde, so daß das endliche völlige Ausklingen der Atmung auch auf Mangel an Nähr- bzw. Atmungsmaterial zurückgeführt werden könnte. Dieser Annahme widerspricht aber Versuch 95, wo innerhalb von 3½ Stunden auf destilliertem Wasser fast 26 ccm Sauerstoff durch den an Intensität langsam abnehmenden Atmungsprozeß verbraucht wurden, mithin Oxydationsmaterial in genügender Menge für einen derartigen Konsum im Mycel vor-

1) Vgl. auch Overton, Studien über die Narkose. Jena, 1901, S. 105 u. 106.

handen war. Beim Versetzen auf Nährlösung stieg der Sauerstoffkonsum sofort wieder, nachdem er überhaupt nur auf 60—70% der Norm zurückgegangen war. Im Versuch 97 dagegen wurden bei 19stündigem Verbleib auf destilliertem Wasser mit Cyankalium nur 3,3 ccm Sauerstoff aufgenommen, woraus also gefolgert werden darf, daß das Absterben in diesem Versuch nicht durch Nahrungsmangel herbeigeführt wurde. Zu diesem Schluß berechtigten auch die Angaben Kosinskis¹⁾, der *Aspergillus niger* 24 Stunden und länger auf mit den vorher benutzten Nährlösungen isotonen Salzlösungen verweilen ließ und wohl einen starken Rückgang der Atmung, niemals aber ein Absterben innerhalb dieser Zeit beobachtete.

Einige Versuche, in denen ein einmal mit Cyankalium behandelter Pilz, nachdem er sich wieder erholt hatte, bei einer zweiten Applikation einer sonst wirksamen Dosis überhaupt nicht mehr reagierte, veranlaßten mich, eine Reihe von Versuchen zur Aufklärung der Frage anzustellen, ob eine Giftgewöhnung stattfindet. Ein solches Verhalten zeigte vor allem der Pilz von Versuch I. Nachdem seine Atmung unter Einfluß von 0,0164 g KCN in 150 ccm NL. vorübergehend auf 50% der Norm gesunken war, zeigte er überhaupt keine Empfindlichkeit mehr, und wurde sein Sauerstoffkonsum weder durch 0,0800 g KCN am folgenden Tage, noch später durch 0,1412 g (nach 4 und 5 Tagen) beeinflußt. Ich teile diese Beobachtungen nicht ausführlicher mit, da ich bei diesen ersten Versuchen noch nicht alle Nebenumstände genügend berücksichtigte, wie Reaktion der Nährlösung, Entwicklungszustand des Pilzes, vielleicht auch Reinheit, Bakterienfreiheit, der Kultur usw.

Ganz ähnlich verliefen die Versuche 9, 10 und 92, über die Einzelheiten in den angefügten Tabellen sich finden, hier begnüge ich mich, die Zahlen für den Sauerstoffkonsum für die halbe Stunde anzugeben, wobei wiederum die umzogenen Ziffern die Giftperiode bedeuten.

Versuch 9, 10.

1., 2. V. 04.	5,4	6,1	+ 0,5	+ 0,1	+ 0,3	- 3,5	4,4	4,7	3,1	3,9
---------------	-----	-----	-------	-------	-------	-------	-----	-----	-----	-----

Versuch 92.

22. XI. 04.	4,8	5,6	0,3	0,2	0,4	0,1	0,7	0,6	1,8	3,3	4,6
-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

23. XI. 04.	4,0	4,2	4,4	5,2	Neuer KCN-Zusatz	5,5	6,2
-------------	-----	-----	-----	-----	------------------	-----	-----

1) Die Atmung bei Hungerzuständen usw. bei *Aspergillus niger*. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 37, S. 137.

Da beim Öffnen jeder Geruch nach Blausäure fehlte, wurde der Pilz lediglich auf neue Nährlösung übertragen, das Auswaschen unterblieb jedoch. Am folgenden Vormittag sah der Pilz sehr schlecht aus, war ohne Turgeszenz und atmete nicht mehr (Volumabnahme in einer halben Stunde 0,1 ccm).

Der erste der eben angeführten Versuche bewog mich nun, eine ganze Anzahl ähnlicher anzustellen, zu denen auch Nr. 92 gehört. Sie ergaben mit Ausnahme der eben angeführten übereinstimmend, daß eine Gewöhnung an das Gift in der kurzen Zeit der Versuche nicht stattfindet.

Zunächst zwei im Sommer angestellte Versuche, die ich, da sie wegen der ungenauen Temperaturmessung nur qualitativ benutzbar sind, unter Hinweis auf die Tabellen in derselben kurzen Form hier wiedergebe, wie die letzt besprochenen.

Versuch 11.

6. VI. 04.	3,9	6,5	6,9	+ 1,3	0	- 0,1	+ 1,6	- 0,1	0,6	1,6	2,5
7. VI. 04.			6,05	7,2	6,2	+ 0,4	- 0,3	0,3	1	2,4	

Versuch 14.

30. VI. 04.	2,5	4,5	+ 1,8	- 0,5	+ 0,3	+ 0,3	1,2	1,0	2,2 ¹⁾	
1. VII. 04.			2,8 ¹⁾	3,2	5,0	0	0	1,1	0,6	0,5

Im folgenden Versuch wurden zwei gleichalte, ganz genau unter den gleichen Verhältnissen gezüchtete Decken nebeneinander untersucht, derart, daß am ersten Tage im Versuch A der eine Pilz 3 Stunden lang mit Cyankalium behandelt wurde, der andere nicht. Am zweiten Tage, nachdem sich der vergiftete Pilz vollständig erholt hatte, wurden 300 ccm einer cyankaliumhaltigen Nährlösung hergestellt und jede der Decken mit 150 ccm derselben in Berührung gebracht.

Versuch 86.

Temp. 16° C. Gabe: 0,200 g KCN. NL. II.

Dauer der Einwirkung: A 3 und 2½ Stunden, B 2½ Stunden.

		Volum - Abnahme		Volum - Abnahme	
		Intervall	pro ½ Std.	Intervall	pro ½ Std.
A.				B.	
15. XII. 04.	9 ³⁰ —10 ⁰⁰	2,0	2,0		
	10 ⁰⁰ —10 ³⁰	3,0	3,0		
	10 ³⁰ —11 ⁰⁰	3,4	3,4	9 ⁴⁵ —12 ¹⁵	11,5
					2,8

1) Sauerstoff - Mangel.

		Volum - Abnahme				Volum - Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Std.			Intervall	pro 1/2 Std.
A.				B.			
KCN - Zusatz:				KCN - Zusatz:			
15. XII. 04.	11 ¹⁰ - 11 ⁴⁰	verunglückt					
	11 ⁴⁰ - 12 ¹⁰	0,6	0,6				
	12 ¹⁰ - 12 ⁴⁰	0,3	0,3				
	12 ⁴⁰ - 1 ¹⁰	0,5	0,5				
	1 ¹⁰ - 1 ⁴⁰	0,1	0,1				
	1 ⁴⁰ - 2 ¹⁰	0,3	0,3				
Ausgewaschen:				Ausgewaschen:			
	3 ²⁰ - 3 ⁵⁰	1,3	1,3				
	3 ⁵⁰ - 4 ²⁰	2,0	2,0				
	4 ²⁰ - 5 ²⁰	3,2	1,6				
16. XII. 04.	8 ⁵⁵ - 9 ⁵⁵	5,7	2,9	9 ⁰⁰ - 10 ⁰⁰	7,1	3,55	
KCN - Zusatz:				KCN - Zusatz:			
	10 ²⁵ - 10 ⁵⁵	0,7	0,7	10 ⁴⁰ - 11 ¹⁰	0,9	0,9	
	10 ⁵⁵ - 11 ²⁵	0,8	0,8	11 ¹⁰ - 11 ⁴⁰	0,6	0,6	
	11 ²⁵ - 11 ⁵⁵	0,3	0,3	11 ⁴⁰ - 12 ¹⁰	0,4	0,4	
	11 ⁵⁵ - 12 ²⁵	0,5	0,5	12 ¹⁰ - 12 ⁴⁰	0,6	0,6	
	12 ²⁵ - 12 ⁵⁵	0,7	0,7	12 ⁴⁰ - 1 ¹⁰	0,5	0,5	
Ausgewaschen:				Ausgewaschen:			
	2 ⁵⁵ - 3 ²⁵	2,3	2,3	3 ¹⁰ - 3 ⁴⁰	1,9	1,9	
	3 ²⁵ - 3 ⁵⁵	1,6	1,6	3 ⁴⁰ - 4 ¹⁰	2,5	2,5	
	3 ⁵⁵ - 4 ²⁵	2,5	2,5	4 ¹⁰ - 4 ⁴⁰	2,1	2,1	

Genau in der gleichen Weise wurde im folgenden Versuch verfahren.

Versuch 90.

Temp. 18° C. Gabe: A 0,150 u. 0,200 g KCN. B 0,200 g NL. II.

Dauer: A 2 1/4 und 3 Stunden, B 2 1/2 Stunden.

		Volum - Abnahme				Volum - Abnahme	
		Intervall	pro 1/2 Std.			Intervall	pro 1/2 Std.
A.				B.			
8. XII. 04.	10 ⁰⁵ - 11 ²⁵	9,0	3,0	11 ⁰⁶ - 12 ³⁰	12,9	1,3	
0,150 g KCN:				0,200 g KCN:			
	12 ¹⁰ - 12 ⁴⁰	0,5	0,5				
	12 ⁴⁰ - 1 ¹⁰	0,4	0,4				
	1 ¹⁰ - 1 ⁴⁰	0,4	0,4				
Ausgewaschen:				Ausgewaschen:			
9. XII. 04.	9 ⁴⁵ - 11 ¹⁵	13,9	4,6	9 ⁵⁵ - 11 ²⁵	16,9	5,6	
0,200 g KCN:				0,200 g KCN:			
	11 ⁴⁵ - 9 ⁴⁵	5,7	1,0	12 ¹⁷ - 9 ⁴⁷	4,1	0,8	

Das nämliche Resultat ergab endlich Versuch 91 mit folgenden Zahlen:

2. XII. 04.	3,5	3,6	— 0,6	0,9	0,5	1,3	1,8	
3. XII. 04.	3,2	2,9	3,6	3,6	1,1	1,8	0,4	1,9

Hierbei war merkwürdigerweise am Ende der ersten Giftperiode der Geruch nach Blausäure verschwunden, am Ende der zweiten noch sehr stark vorhanden.

Eine Gewöhnung an das Gift fand also nicht statt, denn gerade die Fälle, in denen mit besonderer Sorgfalt und vergleichend Pilze auf der gleichen Entwicklungsstufe untersucht wurden, ergaben unzweifelhaft die gleiche Empfindlichkeit für die vorbehandelte und die nicht vorbehandelte Decke. Doch glaube ich nicht, daß in den zuerst mitgeteilten Fällen allein der Unterschied im Entwicklungszustand für die Abweichung verantwortlich gemacht werden kann. Man könnte auch annehmen, daß unter dem Einfluß des Giftes Säuren (Milchsäure könnte sich ja aus Zucker ohne O₂-Aufnahme und CO₂-Abgabe bilden) gebildet wurden, die irgendwie eingreifen. Aber es bleibt damit unerklärt, warum in anderen Fällen das Ergebnis nicht das gleiche war.

Die Frage, ob unter dem Einflusse des Cyankaliums tatsächlich ein vorübergehender vollkommener Stillstand der Atmung möglich ist, kann natürlich nur mit der Einschränkung beantwortet werden, daß ein Zurückgehen bis in die Fehlergrenzen festgestellt wurde. Dabei liegt die Hauptschwierigkeit darin, daß es sich als unmöglich herausstellte, die Periode der Giftwirkung über einen längeren Zeitraum auszudehnen, da dann eine vollkommene Erholung nicht mehr eintrat. Je länger aber die Beobachtungsintervalle waren, um so geringer wurde der Einfluß der Versuchsfehler, besonders des durch ungenaue Temperaturmessung veranlaßten, während bei den kürzeren Perioden, an die ich mich allein halten kann, die Abweichungen sich in höherem Maße fühlbar machen.

Für die Entscheidung der vorliegenden Frage kommen nur die gänzlich einwandfreien Versuche in Betracht und war gleicherweise Bedingung, daß eine vollkommene Erholung folgte. Diesen strengsten Anforderungen genügen von den Versuchen zur Bestimmung des O-Konsumes 2, 6, 86 A u. B, 90 A u. B, 92 I, 94 u. 96.

Es mußten somit vor allem, wie schon mitgeteilt, die sämtlichen im Sommer angestellten Versuche als nicht hinreichend exakt ausgeschlossen werden. Im folgenden wird es genügen, wenn ich

nur die Perioden der Giftwirkung ins Auge fasse und für die weiteren Angaben auf früher mitgeteiltes, sowie die angefügten Tabellen verweise.

Mit Sicherheit wurde ein die Fehlergrenzen überschreitender O-Konsum gemessen im Versuch 94 (Volumabnahme während der Giftperiode 5,4 ccm), der im Raum für konstante Temperatur des Leipziger botanischen Institutes angestellt wurde und bei dem alle benutzten Gegenstände und Flüssigkeiten durch vorherigen zwölfstündigen Aufenthalt in demselben Raum und auf der gleichen Höhenlage auf die Temperatur des Wasserbades gebracht wurden.

Ebenso bei Versuch 92 I (Volumabnahme 1,7 ccm) in dem das Wasser des Bassins vor dem Einbringen der Glocke auf Zimmertemperatur erwärmt wurde und alsdann während des Versuches und auch noch drei Stunden danach seine Temperatur nicht änderte.

Wahrscheinlich auch in 86 A u. B und 90 A u. B mit Volumabnahmen von 1,8; 3,0; 3,0 u. 1,3; 5,7; 4,1 während der Giftperioden. Doch darf anderseits bei diesen letztgenannten Versuchen keinesfalls diese ganze Volumabnahme auf Rechnung des O-Konsums gesetzt werden, sondern nach den Ergebnissen der Kontrollversuche müssen mindestens 1,7—1,8 ccm davon auf das Konto der Versuchsfehler geschrieben werden.

Der Fehlergrenze sehr nahe, wenn er nicht in dieselbe fällt, kommt Versuch 96, Volumabnahme 1,1 ccm, von denen wenigstens 0,8 ccm auf Rechnung der Fehler gehören.

In den Versuchen 2 und 6 endlich blieb die Volumabnahme innerhalb des Rahmens der Versuchsfehler.

Überblickt man demnach die Resultate der Versuche zur Bestimmung des O-Konsums, so ergibt sich, daß eine Sistierung nicht mit aller Schärfe nachgewiesen werden konnte. Denn die Versuche, in denen ein an sich unbedeutender aber doch zuverlässig die Fehlergrenze überschreitender O-Konsum blieb, machen diejenigen zweifelhaft, in denen die Volumabnahme auf oder unter diese Grenze sank; zumal einige der mit den größten Kautelen angestellten Versuche gerade zu den ersteren gehören. Doch möchte ich nicht unterlassen, auch darauf aufmerksam zu machen, daß in den Versuchen 6 und 96 tatsächlich Wasser- und Quecksilberniveau im Steigrohr bis zu $\frac{3}{4}$ Stunden vollständig stillstanden und nur durch die Berücksichtigung der etwas steigenden Temperatur des Wasserbades die gefundene geringe Volumabnahme berechnet wurde. Da aber,

wie schon mehrfach mitgeteilt, der Ausgleich durch das dicke Glas sich nur sehr langsam vollzog, spricht dies wieder zu gunsten einer tatsächlichen Sistierung, besonders in Versuch 96, wo die ganze Schwankung während der Giftperiode knapp einen Teilstrich betrug.

Möglicherweise verhält es sich mit dieser Atmungssistierung durch Cyankalium resp. Blausäure wie mit der Lähmung des Wachstums durch erhöhte Temperatur, d. h. liegt hier wie dort der Punkt, bei dem lediglich Stillstand und der, bei dem bereits eine dauernde Schädigung eintritt, sehr nahe zusammen, sodaß gewissermaßen nur ein ganz verschwindendes Intervall für die Beobachtung bleibt. Da außerdem noch die individuelle Widerstandsfähigkeit sehr verschieden ist, bleibt es mehr oder minder einem gewissen Zufall überlassen, ob man gerade den richtigen Punkt (Dosis) trifft.

Andererseits könnte man aber auch an Oxydationen denken, die nicht eigentlich vital sind, und bei denen ausschließlich schon früher gebildete Sauerstoff-Affinitäten gesättigt werden. Etwa an Oxydationen, wie sie auch postmortal eintreten können und in der Tat eintreten. Vielleicht deuten darauf die Versuche 99, 100, in denen keine wirkliche Erholung eintrat, aber doch nach Auswaschen des Giftes noch längere Zeit eine kontinuierliche geringe Volumabnahme zu bemerken war. Dieselbe war auch annähernd von der gleichen Größe, wie die während der Giftperiode abgelesenen, und ging mit der Zeit — die Beobachtung konnte hierbei viel länger ausgedehnt werden — beträchtlich über die Fehlergrenzen hinaus, um dann, wenigstens im Versuch 99 (Versuch 100 wurde nicht weiter beobachtet) langsam auszuklingen.

Schließlich könnte auch noch an eine Mitwirkung der Konidien gedacht werden. Ich habe eingangs mitgeteilt, daß die von mir benutzten Decken nur hier und da Konidienflecken zeigten. Immerhin aber waren solche doch vorhanden und bei der größeren Widerstandsfähigkeit von Ruhezuständen, wie Samen usw.¹⁾ könnte der Sauerstoffkonsum auf deren Rechnung gesetzt werden, besonders da sie auch weniger unmittelbar mit dem Gifte in Berührung kamen.

Vergleichen wir damit die Ergebnisse der Versuche nach der Methode von Pettenkofer-Pfeffer, so finden wir auch in diesem Falle die Übereinstimmung größer. Unzweifelhaft bis in den Bereich der Fehlergrenze ging die Kohlensäureproduktion zurück in den Versuchen 2, 9 und 11 mit folgenden Titerabnahmen des Barytwassers:

1) Siehe S. 455.

Versuch 2	I. Stunde	1,23
	II. „	0,85
Versuch 9	I. „	1,30
	II. „	0,7
Versuch 11	I. „	1,1
	II. „	0,8

Sie betrug in einem Kontrollversuch, in dem nur die Pilzdecke fehlte, während KCN in der Nährlösung vorhanden war, I. Stunde 1,1 II. Stunde 0,6 und darf die Fehlergrenze durch die Manipulationen, wie noch weitere Versuche lehrten, maximal mit 1,2 mg angenommen werden. Nur unbedeutend wird diese Zahl überschritten in den Versuchen 7 (II. Stunde) 1,8¹⁾ und Nr. 10 mit 1,9 bzw. 1,7 mg. Wie leicht derartige Unregelmäßigkeiten eintreten können, lehrt Versuch 6, in dem es versäumt wurde, das Kulturgefäß mit der Pilzdecke durch kurzes intensives Lüften von der angesammelten Kohlensäure zu befreien. Es ergab sich dann eine Titerabnahme von 2,9 für die erste und 1,8 für die zweite Stunde. Dasselbe mag im ersten überhaupt angestellten Versuch (1) der Fall sein, in dem diese Fehlerquelle noch nicht genügend beachtet wurde. Es bleibt noch Versuch Nr. 5 mit 2,1 und 2,7 Titerabnahme. Es schlagen also alle Fehler nur nach der einen Seite aus, was aber, wie Pfeffer des näheren ausgeführt hat, als er bei der Prüfung der Frage, ob eine postmortale CO₂-Ausscheidung stattfindet, einer ähnlichen Sachlage gegenüberstand²⁾, lediglich durch die Methode selbst bedingt ist, bei der eine Abweichung nach der anderen Richtung, Zunahme des Titers, nur durch Flüssigkeitsverdunstung in der Barytröhre hervorgerufen werden könnte. Für die Annahme einer solchen fehlt aber besonders bei der Berücksichtigung der Konzentration der vom Luftstrom passierten Flüssigkeiten jede Voraussetzung.

Somit kann mit Bestimmtheit behauptet werden, daß die CO₂-Produktion in dem größeren Teil der Versuche bis in die Grenze der unvermeidlichen Fehler zurückging. Ich würde auch nicht anstehen, dieses Zurückgehen als vollständige Sistierung anzusprechen, wenn nicht die Versuche zur Bestimmung des O-Konsums zu einer gewissen Vorsicht mahnten. Es erinnern meine Ergebnisse an die

1) In der ersten Stunde (2,4) wurde infolge falscher Hahnstellung ganz kurze Zeit nicht von Kohlensäure befreite Luft durchgeleitet.

2) Oxydationsvorgänge. S. 503.

Befunde Fiechters¹⁾, der fand, daß die Sauerstoffatmung der Hefe auf Trockensubstanz bezogen gegen Blausäure zehnmal resistenter ist als das Gärungsvermögen (CO₂-Produktion), und der darum einen Zustand der Hefenzelle annimmt in dem sie gärungsunfähig ist, aber noch atmet.

Mit der Reserve, die durch die vorausgehenden Überlegungen geboten erscheint, möchte ich darum die Resultate dahin zusammenfassen, daß es wohl gelingt, die Kohlensäureausscheidung zu sistieren, daß dies aber für den Sauerstoffkonsum nicht mit Sicherheit möglich war und somit die Möglichkeit bleibt, daß gewisse Oxydationen noch im Mycel ablaufen, die aber nicht bis zur Bildung von Kohlendioxyd führen, sondern bei denen die Oxydation schon früher, etwa auf der Stufe von Milchsäure, Oxalsäure und dergl. Halt macht. Es konnte hier eine definitive Entscheidung nicht getroffen werden, da die Zeit der Giftwirkung und mithin mit Rücksicht auf den geringen O-Konsum auch die Menge dieser event. gebildeten Substanzen viel zu klein gewesen wäre, um einen sicheren Nachweis zu gestatten; besonders wenn sie, wie etwa Oxalsäure bei Asparaginer-nährung auch normaler Weise entstehen²⁾. Immerhin kam ich in einzelnen Fällen der Atmungssistierung so nahe, als es die Versuchsanordnung und die Widerstandsfähigkeit des Materials zuließen; und der Einwand, daß eine praktisch unmeßbare Atmung stattgefunden habe, läßt sich auch bei weiterer Verfeinerung der Methodik niemals ganz beseitigen, zumal da eine länger dauernde Giftwirkung ausnahmslos den Tod zur Folge hat.

Beiläufig möchte ich noch mitteilen, daß im großen und ganzen die jüngeren Stadien prompter reagierten, sich empfindlicher zeigten als ältere.

Die Mechanik der Blausäure- bzw. Cyankaliumvergiftung.

Die Versuche, die Giftigkeit einer Substanz einfach mit dem Hinweis auf ihre chemischen Qualitäten zu erklären, führen zur Zeit noch nicht zum Ziele. Gewiß, wenn wir einen erschöpfenden Einblick in den Mechanismus des Lebensgetriebes besäßen, müßte sich der Einfluß eines Stoffes von bekannten chemischen Eigenschaften voraussagen lassen, aber auch nur dann, und bekanntlich

1) Über den Einfluß der Blausäure auf Fermentvorgänge. (Basel 1875.) S. 42.

2) Siehe Emmerling: Zentralbl. f. Bakteriologie usw. II. Bd. 10, S. 273 und Wehmer: Botan. Zeitung (1891), S. 233.

sind wir davon noch so ungemein weit entfernt, daß es sich heute nicht einmal mit Sicherheit voraussagen läßt, ob dieses Endziel jeder Physiologie jemals erreicht werden wird. Bei diesem Status ist es also unerlässlich, ein Gift physiologisch eingehend zu untersuchen und danach erst hat der Vergleich mit seinem chemischen Verhalten Berechtigung. Es hängt ja auch die chemische Wirkung eines Stoffes nicht nur von seinen Qualitäten ab, sondern ebenso von denen des Körpers, auf den er und der damit auch auf ihn einwirkt. Ich erinnere z. B. nur an das Verhalten des Wasserstoff-superoxydes, das, obwohl in der Regel ein Oxydationsmittel, doch eine Anzahl von Oxyden bzw. Superoxyden reduziert und von ihnen reduziert wird; also je nach der Natur der mit ihm in Reaktion tretenden Körper eine ganz verschiedene Wirkung äußert¹⁾. Es erhellt daraus schon die Unsicherheit von Vorhersagen auf Grund rein chemischer Befunde, zumal wenn man sich klar macht, daß nicht auf ein Gemenge von in einem Gleichgewichtszustand befindlichen Stoffen eingewirkt wird, sondern ein Eingriff in ein rastloses Getriebe von Auf- und Abbau, Oxydation und Reduktion erfolgt. Als Beispiel, wie ungleich chemisch einander sehr nahe stehende Körper im Organismus umgewandelt werden und damit auch gewirkt haben, sei noch das Verhalten des Schwefels im Gegensatz zu dem des Selens und Tellurs angeführt. Denn während ersterer zumeist als Schwefelsäure oder Sulfat, also stark oxydiert, ausgeschieden wird, tritt umgekehrt bei Darreichung von Selen- oder Tellursäure eine Reduktion derart ein, daß Selen und besonders Tellur in elementarer Form in den Geweben abgelagert werden, von denen das letztere noch langsam in Tellurmethyl umgesetzt wird²⁾.

Ein jeder Versuch, die Wirkung der Blausäure auf den Organismus zu erklären, muß vor allem der Tatsache gerecht werden, daß sie für alle Lebewesen ohne Ausnahme ein tödliches Gift ist. Damit wird die vorübergehend von Hoppe-Seyler³⁾ angedeutete Möglichkeit, ihre Wirkungsweise sei analog der des Kohlenoxydes, indem sie, wie dieses durch die Bildung von Kohlenoxydhaemo-

1) Vergl. hierüber die Arbeiten von Baeyer und Villiger in den Berichten der deutschen chemischen Gesellschaft Bd. 33 (1900) S. 2488 und Bd. 34 (1901) S. 749 und 2769.

2) Hofmeister: Archiv für experiment. Pathologie und Pharmakologie Bd. 33, S. 198, zitiert nach Kunkel: Handbuch der Toxikologie (Jena 1899) Bd. I, S. 365.

3) Zitiert nach Gaethgens: Zur Lehre der Blausäurevergiftung. Hoppe-Seylers: Medizin.-chem. Untersuchungen Heft 3, S. 328 u. 329.

globin, gleicherweise durch das Eingehen einer Verbindung mit dem Haemoglobin die Regeneration des Oxyhaemoglobins verhindere oder herabsetze und damit den Tod infolge von Sauerstoffmangel herbeiführe, zu eng. Sie wird außerdem durch die Beobachtung widerlegt, daß diese in vitro darstellbare Verbindung im Blute mit Blausäure vergifteter Organismen nicht gefunden werden konnte¹⁾. Heute findet man darum in den Lehrbüchern der Toxikologie, die gleichfalls auf Hoppe-Seyler²⁾ zurückgehende, durch die experimentellen Arbeiten von Gaethgens³⁾ und namentlich Geppert⁴⁾ gestützte Annahme, die Blausäure bewirkte eine innere Erstickung der Gewebezellen bei Anwesenheit von überschüssigem Sauerstoff, da durch ihre Gegenwart die Oxydationsfähigkeit der Gewebe gelähmt werde, was sich in vermindertem O-Verbrauch und herabgesetzter CO₂-Produktion äußert. So konstatierte Geppert in einzelnen Fällen ein Zurückgehen bis auf ca. 25% des normalen Wertes für den O-Konsum. Diese Resultate dürfen nach früheren Untersuchungen Preyers⁵⁾ unbedenklich auf Frösche (Poikilotherme) übertragen werden, da Zillessen⁶⁾ nachgewiesen hat, daß der Unterschied, der in der Farbe des arteriellen Blutes von Warm- und Kaltblütern in späteren Stadien der Blausäurevergiftung bemerkbar wird, nur durch die Verschiedenheit der Körpertemperatur hervorgerufen wird und sich durch Erwärmen der Frösche beseitigen läßt⁷⁾. Ganz in derselben Weise werden pflanzliche Organismen ergriffen, wie die mitgeteilten Versuche für *Aspergillus niger* mit aller Schärfe ergeben, und wie von Schönbein, A. Mayer⁸⁾ und Fiechter⁹⁾ für Hefe angegeben wird. Für nicht beweisend halte ich die Versuche A. Mayers mit *Tropaeolum*¹⁰⁾ aus den S. 412 angeführten Gründen und vor allem darum, weil eine Erholung nicht beobachtet wurde. Auch seine Versuche mit *Elodea*¹¹⁾ haben

1) Hoppe-Seyler, In seinen medicin.-chem. Untersuchungen Heft 2, S. 207; auch Kunkel: Toxikologie S. 504.

2) Medizin.-chem. Untersuchungen: Heft 1, S. 140.

3) Hoppe-Seylers medicin.-chem. Untersuchungen: Heft 3, S. 325.

4) Zeitschrift für klin. Medizin Bd. 15 (1889), S. 208 u. 307.

5) Die Blausäure (Bonn 1870), S. 57.

6) Zeitschrift für physiolog. Chemie Bd. 15 (1891), S. 403.

7) Vgl. auch J. Loeb, Biochemische Zeitschrift Bd. I, S. 183 (Seegeleier).

8) Landwirt. Versuchsstationen Bd. 23, S. 339 ff..

9) Einfluß der Blausäure auf Fermentvorgänge. Diss., Basel 1875, S. 14—32.

10) a. a. O. S. 375—337.

11) a. a. O. S. 338.

nur unter der Voraussetzung Gültigkeit, daß man aus dem Aufhören der Plasmaströmung auf die Lähmung der Atmung schließen darf.

Daß die Resistenz bei ganz gleichartiger Wirkung im einzelnen sehr verschieden ist, darf nicht Wunder nehmen und läßt sich ganz ungezwungen damit erklären, daß eben die Organismen gegen eine starke Depression der Atmung nicht alle in gleicher Weise empfindlich sind, wie dies auch Preyer (l. c. S. 58) für Warmblüter und Frösche durchführt¹⁾. Verhältnismäßig starke Dosen bezw. lange Einwirkung scheinen Samen zu erlauben, wovon noch die Rede sein soll.

Außerdem werden für die Erklärung der Giftwirkungen die Beobachtungen an Enzymen von Bedeutung sein. Denn während die hydrolysierenden wie Pepsin²⁾, das proteolytische Enzym der *Nepenthes* Kannen³⁾, Hefenendotryptase⁴⁾, ferner Diastase⁵⁾ sich gegen Blausäure derart widerstandsfähig erwiesen, daß z.B. Fiechter wie Hahn es offen lassen, ob die beobachtete schwache Wirkung nicht einfach als Säurewirkung zu deuten sei, sind Katalasen [des Malzauszuges⁶⁾, des Blutes⁷⁾, des Hefepreßsaftes⁸⁾ in Abrussamenextrakt⁹⁾, Rizin¹⁰⁾, Emulsin und Pankreasferment¹¹⁾] gegen dieses Gift ungemein empfindlich, ebenso Zymase¹²⁾. Es handelt sich dabei jedoch nicht um eine Zerstörung des Fermentes, sondern nur um dessen vorübergehende Inaktivierung, und wenn die Blausäure entfernt wurde — etwa durch Luftdurchleiten — kehrte die frühere Wirksamkeit zurück. Es erscheint mir die Tatsache beachtenswert,

1) Einige Tatsachen über die Empfindlichkeit verschiedener Organismen gegen Blausäure finden sich bei Loew, *Natürliches System der Giftwirkungen* (München 1893), Seite 54.

2) Fiechter a. a. O. S. 9 und Schützenberger, *Compt. rend.* T. 115 S. 208 (zit. nach Hahn, siehe unten).

3) Vines *Annales of Botany* Bd. 11 (1897), S. 571, 572.

4) Hahn, In Buchner und Hahn *Zymasegärung* (München 1903) S. 315.

5) Fiechter a. a. O. S. 12.

6) Schaer, *Über Einwirkungen des Cyanwasserstoffes usw. auf Enzyme, auf keimfähige Pflanzensamen und auf niedere Pilze* (Zürich 1891), S. 6. Dort auch die älteren Angaben Schönbeins.

7) Schönbein, *Journal für prakt. Chemie* I, 105, S. 202 (zit. nach Bredig *anorgan. Fermente* S. 68).

8) Buchner, *Zymasegärung* S. 76.

9) Schaer, a. a. O. S. 7.

10) Schaer, a. a. O. S. 10.

11) Jakobson, *Zeitschrift für physiolog. Chemie* Bd. 16, S. 366.

12) Buchner, *Zymasegärung* S. 181.

daß gerade die Hydroperoxyd zerlegenden Enzyme, also auch wohl die für den Atmungsprozeß wichtigen Peroxydasen, ebenso wie Zymase besonders stark und transitorisch gelähmt werden, genau in der gleichen Weise wie die Atmung selber, dagegen die anderen Enzyme nicht oder nur unbedeutend ergriffen werden.

Ich halte es darum für nicht unwahrscheinlich, daß der Wirkung auf die Atmung und der auf die Katalasen die gleichen Vorgänge zugrunde liegen, ohne daß es zurzeit möglich wäre, etwas Bestimmteres darüber auszusagen, besonders auch deshalb, weil die Rolle, die die Oxydasen, Peroxydasen usw. beim Atmungsprozeß spielen, trotz eifriger Bemühungen einer ganzen Anzahl von Forschern noch zu wenig aufgeklärt ist.

Kontrovers scheint dagegen die Frage, ob auch die Blausäure-Lähmung anorganischer Wasserstoffsuperoxyd-Katalysatoren (kolloidaler Metallösungen usw.¹⁾ auf die gleichen Ursachen zurückzuführen sei, zumal im Hinblick auf die Angaben von A. S. Loevenhart²⁾, daß Blausäure auch beschleunigend auf die Wasserstoffsuperoxyd-Zersetzung und auf damit verbundene Oxydationen wirkt, nämlich dann, wenn diese durch Eisen oder Kupfer bzw. deren Salze bewirkt werden. Außerdem gibt Liebermann³⁾ als charakteristischen Unterschied zwischen den aus Organismen gewonnenen Katalasen und anorganischen Katalysatoren des Wasserstoffsuperoxydes an, daß letztere aktivierten Sauerstoff enthielten, erstere nicht.

Aber abgesehen von diesen Spekulationen bleiben zunächst noch zwei Fragen zu beantworten.

I. Ist diese durch das ganze Organismenreich zu beobachtende Atmungslähmung durch Blausäure wirklich primäre Giftwirkung oder erst sekundär die Folge einer solchen. Und II. falls dies zutrifft, kann damit allein die Giftigkeit der Blausäure genügend erklärt werden, oder sind Gründe zur Annahme vorhanden, daß noch anderweitige Nebenwirkungen auftreten, die nicht als direkte Folgen dieser Atmungshemmung anzusehen sind.

Zur Beantwortung der ersten Frage sind Beobachtungen an Blausäure allein nicht ausreichend, sondern mußte tunlichst ein anderer die Atmung gleichfalls aber nicht primär beeinflussender

1) Bredig, Anorganische Fermente (Leipzig 1901), S. 68.

2) A. S. Loevenhart, Über die Beschleunigung gewisser Oxydationsreaktionen durch Blausäure. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft Bd. 39 (1906), S. 130.

3) Liebermann, Beiträge zur Kenntnis der Fermentwirkungen. Pflügers Archiv Bd. 104 (1904) S. 119 u. 176.

Stoff zum Vergleich herangezogen werden. Einen solchen erblicke ich im Äthyl-Äther. Die Literatur ergibt für dieses Gift eine starke Steigerung des respiratorischen Gasaustausches bei Pflanzen als Nachwirkung; außerdem während der Giftperiode eine Steigerung für kleinere Dosen, eine Abnahme für größere. Ganz besonders muß ich die Resultate Kosinskis¹⁾ erwähnen, da sie gleichfalls an *Aspergillus niger* gewonnen wurden. Kosinski fand die größte Steigerung (25,5%) der CO₂-Produktion — nur diese wurde gemessen — bei einem Gehalt der Nährlösung von 0,5 Vol.-% Äther, bei 2% gleichfalls eine Zunahme von 15,9%, bei 3% annähernd Gleichbleiben (Abnahme 3,8%), dagegen bei 5% eine starke Hemmung um etwa 40%, während bei 7 und 8% nur noch Spuren von Kohlensäure ausgeschieden wurden.

Diesen Rückgang halte ich mich für berechtigt, im Gegensatz zu dem unter dem Einfluß der Blausäure wahrgenommenen, als typische Absterbeerscheinung (Sekundär-Wirkung) und nicht als primäre Giftwirkung zu deuten. Daran wird natürlich durch die Tatsache, daß bei nicht zu weit vorgeschrittenem Vergiftungsstadium eine Erholung eintreten kann, nichts geändert. Es spricht für meine Annahme schon der Versuch 58 Kosinskis (Gabe 5 Vol.-% Äther), in dem während der Giftperiode die Kohlensäureausscheidung von 4,3 auf 3,6; 3,2; 2,9 mg pro Stunde sukzessive zurückging, während sie vor dem Giftzusatz 6,2 mg betragen hatte. Übereinstimmende Resultate ergaben eigene Versuche.

Es wurde dabei lediglich die CO₂-Abgabe gemessen, nach dem Verfahren von Pettenkofer-Pfeffer in der üblichen Anordnung. Vor die U-Röhren mit Kalilauge wurden zwei große (annähernd Liter-) Flaschen mit Ätherwasser der gleichen Konzentration, wie in der Nährlösung des Pilzes, vorgelegt und alle halben Stunden ausgewechselt. Um zu verhüten, daß überdestillierender Äther Baryumhydroxyd ausfalle²⁾ und dadurch eine Abnahme des Titers herbeigeführt werde, wurde in die Pettenkofer-Röhren mit Äther gesättigtes Barytwasser eingeführt. Dasselbe konnte jedoch nur dann zur Verwendung gelangen, wenn die Nährlösung des Pilzes stark ätherhaltig war und auch die beiden oben erwähnten Vorlagen angehängt wurden. Sonst erhielt man durch Ätherverdunstung einen Fehler, der sich bei dem ersten Versuch,

1) a. a. O.

2) Pfeffer, Oxydationsvorgänge, S. 508.

in dem der Pilz anscheinend nicht mehr atmete, als eine Zunahme des Titers zu erkennen gab.

Versuch 3.

Gabe: 7% (Vol.) Äther. Dauer der Einwirkung: 1 Stunde.

2. XII. 04.	11 ²⁵ —12 ²⁵	Normal	15,7 mg CO ₂
	2 ⁵⁰ —3 ⁵⁰	7% Äther	3,7 " "
	4 ¹² —5 ¹²	Normal	1,0 " "

Versuch 4.

Gabe: 7% (Vol.) Äther. Dauer der Einwirkung: 1 Stunde.

5. XII. 04.	10 ³⁰ —11 ³⁰	Normal	16,4 mg CO ₂
	2 ⁰⁵ —3 ⁰⁵	7% Äther	1,7 " "
	4 ⁰⁵ —5 ⁰⁵	} Normal	1,1 " "
	5 ²⁰ —6 ²⁰		0,6 " "
6. XII. 04.	4—5		1,0 " "

Versuch 5.

Gabe 6% (Vol.) Äther. Dauer der Einwirkung: 2 Stunden.

23. II. 05.	9 ⁵⁵ —10 ⁵⁵	Normal	13,8 mg CO ₂
	11 ²⁰ —12 ²⁰	} 6% Äther	5,8 " "
	12 ²⁰ —1 ²⁰		1,2 " "
	3 ⁴³ —4 ⁴³	} Normal	3,2 " "
25. II. 05.	10—11		1,0 " "

Am 26. II. der Pilz untergetaucht, tot.

Da die Decke nach den Versuchen jedesmal schlaff, ohne Turgeszenz, war, konnte trotz des bekannten raschen Eindringens von Äther in lebende Zellen an eine Schädigung durch Differenzen des osmotischen Druckes gedacht werden, die besonders beim Auswaschen — höherer Druck im Innern — gefährlich sein konnten¹⁾. Es wurde darum in Versuch 4 durch ganz allmähliches Ersetzen der Ätherlösung durch normale Nährlösung ein schroffer Übergang vermieden, ohne daß sich ein Unterschied gegenüber den anderen Versuchen ergeben hätte. Auch war der Pilz in der Regel schon vor dem Auswaschen ohne Turgor.

Mit den angeführten Versuchen stimmt noch überein Versuch 2, bei dem die Atmung während der Ätherperiode selbst nicht beobachtet wurde, aber auch durch zweistündiges Verweilen auf 7% iger Ätherlösung eine so weitgehende Schädigung eintrat, daß nach 24 Stunden nur 3,0 bzw. 2,8 mg Kohlensäure ausgeschieden wurden.

1) Vgl. die Versuche Kosinskis Nr. 22, 23, 24.

Es trat also in keinem einzigen der untersuchten Fälle eine vollkommene Erholung in der Weise ein, wie ich sie beim Cyankalium beobachten konnte. Somit gewinnt Kosinskis Vermutung, die bei seinen Versuchen nach 24 Stunden wieder festgestellte CO_2 -Ausscheidung sei durch Konidienauskeimung hervorgerufen, bedeutend an Wahrscheinlichkeit. Daß er alsdann höhere Zahlen erhalten mußte als ich — leider hat er für diese Erholung Quantitatives nicht mitgeteilt — ist einleuchtend, da er bei günstigeren Temperaturen ($30-35^\circ \text{C.}$) züchtete, und seine Decken schon 3—4, zuweilen sogar nur 2 Tage nach der Sporenaussaat benutzen konnte, während die meinigen erst nach 10 Tagen dazu brauchbar waren¹⁾.

Außerdem war in den Ätherversuchen niemals wie beim Cyankalium die Hemmung unmittelbar nach dem Zufügen des Giftes in voller Stärke vorhanden. Besonders die Versuche mit schwächeren Gaben Nr. 5 mit 6% und Kosinskis Versuch Nr. 58 (5%) zeigen sehr schön eine allmähliche Abnahme, die schließlich zum Ausklingen führt, im deutlichen Gegensatz etwa zu Versuch 3 mit 0,100 g KCN nach der Pettenkofer-Methode.

Es ergeben sich mithin folgende Differenzen in der Wirkung der beiden Substanzen.

Cyankalium: 1. Die lähmende Wirkung tritt unmittelbar nach dem Zufügen des Giftes in voller Stärke auf.

2. Es wird, wenn die Giftperiode nicht zu lange Zeit (etwa 2—4 Stunden) gedauert hat, vollkommene Erholung beobachtet.

Äther: 1. Die Herabsetzung der Atmung ist bei geringen Dosen eine langsame, derart, daß in jedem folgenden Beobachtungsintervall weniger CO_2 ausgeschieden wird als im vorausgegangenen.

2. Wenn die CO_2 -Abgabe unter dem Einfluß des Giftes ganz aufgehört hatte, trat nie mehr eine vollkommene Erholung ein.

Diese Differenzen, die für die Ätherwirkung typische Absterbilder liefern, berechtigen mich zu dem Schlusse, daß die Wirkung des Äthers auf die Atmung keine primäre sondern eine sekundäre Erscheinung sei, daß also die Atmung infolge anderweitiger Schädigung herabgesetzt werde. Der gleiche Gegensatz veranlaßt mich,

1) Beiläufig will ich noch darauf hinweisen, daß der Vergleich der Ätherversuche ohne Erholung mit den Cyankaliumversuchen mit vollkommener Erholung ein weiteres Argument für meine Ausführungen zu liefern geeignet ist, daß die Rückkehr der Atmung zur vorherigen Intensität nicht durch Konidienauskeimung usw. vorgetäuscht, sondern tatsächlich als ein Wiedererwachen der Atmung jeder Einzelzelle anzusehen ist.

auch die Wirkung des Cyankaliums als primäre anzusprechen, d. h. hier wird zunächst die Atmung gelähmt und dadurch andere Vorgänge nachträglich in Mitleidenschaft gezogen.

Die Unterscheidung wird durch die Tatsache nicht gestört, daß bei größeren Dosen auch die Wirkung des Äthers auf die Atmung augenblicklich bemerkbar wird, denn dies trifft bei starken Gaben für fast sämtliche Gifte zu und ist, wenn eine Erholung nicht eintritt, zur Erklärung der Wirkungsweise nicht verwertbar.

Weiter sprechen noch für eine primäre Wirkung des Cyankaliums auf den respiratorischen Gaswechsel die schon erwähnte Gleichartigkeit in der Wirkung auf alle Lebewesen, sowie die Hemmung der Katalasen und Zymase. In bezug auf letztere ist von Interesse, daß Zymasegärung und Gärung durch lebende Hefe in der gleichen Weise beeinflußt werden. Da die Arbeiten Buchners uns die Berechtigung geben anzunehmen, auch die letztere sei nur eine intrazelluläre Zymasegärung, so dürfen wir schließen, daß die Lähmung der Hefegärung nur der Ausdruck einer Zymaselähmung innerhalb der Zelle, wie wir dieselbe auch außerhalb kennen, also primäre und nicht sekundäre Giftwirkung sei.

Somit kommen wir zur letzten Frage: Genügt diese Herabsetzung der Atmung allein zur Erklärung der Giftwirkung der Blausäure?

Zu ihrer Beantwortung wollen wir uns vergegenwärtigen, daß

1. kurze Einwirkung auch wiederholt und bei starker Dosis in allen Fällen ertragen wurde;
2. daß längere Berührung mit dem Gift jedoch ausnahmslos den Tod zur Folge hatte.

Ferner die Frage stellen: gelten diese Sätze auch für die Sistierung der Atmung durch andere stoffliche oder physikalische Einflüsse. Von letzteren kämen in erster Linie Wasserentzug (vollkommene Trockenheit) und Herabsetzung der Temperatur in Betracht. Und es ist hinlänglich bekannt, daß, von speziellen Anpassungen abgesehen, der Atmungsstillstand¹⁾ als Folge dieser Faktoren viel länger als 12 oder 24 Stunden andauern kann; natürlich mit der Reserve, daß der betreffende Organismus diesen tiefgreifenden Beeinflussungen (Austrocknen, Abkühlen) überhaupt zu widerstehen vermag. Aber diese Sistierungen unterscheiden sich ganz prinzipiell

1) Es werden diese Ausführungen nicht alteriert, wenn man an Stelle von Stillstand nur Lähmung bis unter die Grenze der Nachweisbarkeit annehmen will.

von den vorbesprochenen. Denn es ist anzunehmen, daß bei vollkommener Trockenheit oder genügend erniedrigter Temperatur alle Umsetzungen innerhalb des Organismus vollkommen suspendiert sind. Dies trifft aber für die Blausäurelähmung, wie schon die Widerstandsfähigkeit verdauender Enzyme lehrt, jedenfalls nicht zu¹⁾. Und es ist klar, daß, was für eine Lähmung der Atmung bei Stillstand aller sonstigen Umwandlungen Geltung hat, nicht für eine solche bei weiterem Ablauf anderer Prozesse zutrifft. Für Sistierung der Atmung durch Nahrungsmangel könnten analoge Überlegungen angestellt werden. Doch ist mir nicht bekannt, ob überhaupt für *Aspergillus* experimentelle Daten über diesen Punkt vorliegen. Kosinski hat in seinen Versuchen schon vor dem völligen Erlöschen der Atmung die Decken auf neue Nährlösung verbracht.

Es bleibt somit nur noch das Verhalten bei Abschluß von Sauerstoff. Hierbei setzt bekanntlich zunächst die intramolekulare Atmung ein und während derselben nehmen eine ganze Anzahl sonstiger Prozesse ihren anscheinend ungestörten Fortgang²⁾. Erst nach dem Erlöschen derselben kann von einem Atmungsstillstand, in dem Sinne wie vorstehend, gesprochen werden. Neuerdings hat Kostytschew³⁾ durch langes Ausdehnen der Perioden des Sauerstoffentzuges diesen Punkt für *Aspergillus niger* erreicht und konnte feststellen, daß selbst nach 24stündiger Sistierung der CO₂-Abspaltung die Atmung bei Sauerstoffzutritt wieder einsetzt. Allerdings nur für ältere Kulturen, während jüngere weit weniger widerstandsfähig waren und durch den Mangel an Sauerstoff sehr bald getötet wurden, wenigstens bei Ernährung mit Chinasäure, die in den bezügl. Versuchen verwendet wurde. In Übereinstimmung damit

1) Vgl. hierzu auch Bertel, Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch. Bd. XX, 1902, S. 458, wonach die Chloroform-Narkose die Wirkung proteolytischer Enzyme nicht beeinträchtigt.

2) Pfeffer, Physiologie, Bd. I, S. 580, 581. Den dort mitgeteilten, bei Sauerstoffabschluß weiter ablaufenden Vorgängen wäre noch hinzuzufügen: Enzyymbildung, Godlewski & Polzeniuss, Über die intramolekulare Atmung usw., Bull. de L'Académie des sciences de Cracovie, 1. April 1901, S. 251. — Eiweißzerfall, allerdings in etwas anderer Weise als bei Sauerstoffzutritt, Godlewski, Ein weiterer Beitrag zur Kenntnis der intramolekularen Atmung, ebda. 1. März 1904, S. 141. — Wachstum, Nabokich, Beihefte z. botan. Zentralblatt, Bd. XIII, S. 272; vgl. auch Wieler ebda. S. 431. — Keimung, Godlewski, Ein weiterer Beitrag usw. (s. oben), S. 131. — Loeb, Membranbildung bei Seegeleiern, Biochem. Zeitschr., Bd. I, S. 191.

3) Jahrb. f. wissenschaft. Botan. Bd. 40, 1904, S. 563.

stehen die Angaben Dudes¹⁾, daß eben gekeimte Sporen und Mycelien von ca. 1 mm Länge von *Aspergillus* — also ganz junge Stadien — bei Sauerstoffentzug nur ca. 4 Stunden am Leben bleiben und auch dies nur bei Ernährung mit Zucker, während bei Kultur auf anderen Stoffen der Tod schon früher eintritt. Auch hier stieg mit fortschreitender Entwicklung die Resistenz, denn die 1 mm langen Mycelien waren widerstandsfähiger als gerade ausgekeimte Sporen.

Ältere Stadien (Kulturen von 4 und mehr Tagen bei 32° C.) hielten aber bei Kostytschew, wie angegeben, lange Zeit auch nach dem Aufhören der intramolekularen CO₂-Abspaltung im sauerstofffreien Raume aus. Doch war die Erholung bei sehr ausgedehnter Stickstoffperiode selten eine vollkommene, auch dann nicht, wenn die große Atmungskurve entsprechend in Rechnung gesetzt wird, so daß in vielen Fällen mit einer mehr minder starken, dauernden Schädigung gerechnet werden muß.

Insofern nun, als bei Sauerstoffmangel auch nach dem Aufhören der intramolekularen Atmung der Stillstand im Gasaustausch länger ertragen wurde als der durch die Wirkung des Cyankaliums veranlaßte, sprechen diese Resultate Kostytschews für eine schädigende Nebenwirkung der Blausäure. Doch können sie aus den angeführten Gründen nicht als vollkommen entscheidend angesehen werden.

Im Gegensatz zu vegetativen Stadien zeigt ruhendes Plasma, wie es in Samen, Sporen usw. vorhanden ist, sich gegen Blausäure verhältnismäßig resistent. Es folgt dies aus Versuchen von Schaer²⁾, der feststellen konnte, „daß Blausäure trotz mehrtägigen Kontaktes die Keimkraft der Samen nicht bleibend, sondern nur während der Dauer der Berührung mit demselben beeinträchtigt“³⁾. Allerdings ging der Prozentsatz der keimfähigen Samen etwas zurück, so daß auch Schaer zur Annahme einer bleibenden Schädigung gelangt, die sich aber bei manchen Samen (z. B. *Trifolium*, *Vicia*, *Triticum*, *Lolium*, *Cannabis*) nur unbedeutend äußert. In einem Falle (*Daucus*) wurde für ganz verdünnte (ca. 1/10 ‰ Lösungen) eine fördernde Wirkung wahrgenommen, während das gleiche Objekt gegen höhere Konzentrationen ziemlich empfindlich war. Eigene Versuche führten

1) Flora. Bd. 92, 1903, S. 205 spez. 227, 228.

2) Über Einwirkungen des Cyanwasserstoffs, des Chloralhydrats und Chloralcyanhydrins auf Enzyme usw. Festschrift für Nägeli und Kölliker, Zürich 1891, S. 125.

3) a. a. O. S. 15 (Separat-Abzug).

im wesentlichen zum gleichen Ergebnis (Hemmung der Keimung nur für die Dauer der Berührung), so daß ich auf ihre Wiedergabe verzichten kann, sie bestätigten auch die entsprechenden älteren Befunde Schaers¹⁾ für Pilzsporen an dem mich vorwiegend interessierenden *Aspergillus*²⁾.

Zusammenfassung.

1. Durch Cyankalium wird die Atmung von *Aspergillus niger* — wie von Pflanzen und Tieren überhaupt — ganz bedeutend deprimiert.

2. Diese Lähmung erstreckt sich auf beide Phasen des Gasaustausches und zwar derart, daß die Kohlensäureproduktion bis auf einen innerhalb der Fehlergrenze der Methodik gelegenen Betrag zurückgeht, so daß man hier von einer vollkommenen Sistierung reden kann. Dagegen konnte der O₂-Konsum nicht mit Sicherheit bis unter diese Grenze herabgedrückt werden, es muß darum mit einem geringen Rest einer Sauerstoffaufnahme gerechnet werden. Ob aber diese geringe Aufnahme als vitaler Vorgang anzusehen ist oder ein rein chemisches Geschehen darstellt, konnte nicht entschieden werden.

3. Es ist mithin das vorübergehende Aufhören einer nachweisbaren CO₂-Produktion kein zuverlässiges Kennzeichen des Todes, vielmehr kann das Leben auch vegetativer Entwicklungsstadien kürzere Zeit ohne diese bestehen³⁾.

4. Die durch Cyankalium verursachte Herabsetzung der Atmung kann nur als der Ausdruck eines verminderten Gasaustausches jeder einzelnen Zelle gedeutet werden und war, wenn die Dauer der Giftperiode keine zu große war, von vollkommener Erholung gefolgt.

5. Es handelt sich dabei um eine primäre Einwirkung der Blausäure auf den Atmungsprozeß und nicht um eine Absterbererscheinung.

6. Im Gegensatz dazu ist die Lähmung der Kohlensäureproduktion durch geeignete Dosen von Äthyläther nicht als Primärwirkung, sondern als Folge anderweitiger Eingriffe, also als Ab-

1) Zit. in obiger Abhandlung, S. 21.

2) In Übereinstimmung damit steht die Angabe von J. Loeb, daß KCN auf befruchtete Seeigelleier schon nach 24 stündigem Verweilen tödlich wirke, während unbefruchtete nach 2 Tagen noch normal entwicklungsfähig waren. Biochem. Zeitschr., Bd. I, S. 201.

3) Vgl. hierzu die mehrfach zitierte Arbeit von Kostytschew.

sterbe-Erscheinung anzusehen. Nach gänzlicher Sistierung konnte bei diesem Gift eine wirkliche Erholung niemals beobachtet werden.

7. Größere Cyankaliumgaben bei kurzer Einwirkung schädigen weniger, als kleinere Dosen bei längerer Berührung; das Maximum der Giftperiode war, wenn noch eine vollständige Erholung folgen sollte, etwa mit 4 Stunden erreicht.

8. Eine Gewöhnung an das Gift findet in der kurzen Zeit der Versuche nicht statt.

Es wird also durch die vorliegenden Versuche, die durch das Tierexperiment gewonnene Erkenntnis, daß die Blausäure die Fähigkeit der Gewebezellen, den gebotenen Sauerstoff zu Oxydationen zu benutzen, für die Dauer der Berührung mindestens sehr stark herabsetzt, mit aller Schärfe für einen niederen pflanzlichen Organismus bewiesen. Da bei diesem Sauerstoffüberträger wie Blut bezw. Hämoglobin und auch speziell empfindliche Organe (Herz, Atmungszentrum), die immerhin Komplikationen bedingen, fehlen, können die mitgeteilten Versuche als besonders exakter Beweis für die obige Auffassung gelten, zumal da sichergestellt wurde, daß die Depression der Gesamtatmung tatsächlich durch den Rückgang der Atmungstätigkeit jeder Einzelzelle zustande kommt.

Vorliegende Arbeit wurde im Leipziger botanischen Institut ausgeführt und ist es mir Bedürfnis, Herrn Geheimrat Pfeffer auch an dieser Stelle für vielfache Anregung und Belehrung zu danken.

Nachträgliche Anmerkung.

Die Publikation der vorstehenden Abhandlung hat sich aus äußeren Gründen längere Zeit verschoben und war das Manuskript schon im Sommer 1906 vollendet. Wo angängig, habe ich auf später erschienene Schriften noch aufmerksam gemacht bezw. deren Resultate verwertet.

Besonders muß ich aber noch an dieser Stelle auf zwei Veröffentlichungen von J. Loeb hinweisen¹⁾, in denen derselbe angibt, daß auf das Seeigelei Sauerstoff-Entzug in folgenden Fällen genau ebenso wirkt, wie verdünnte Cyankaliumlösung.

1. Durch beide Mittel wird die Furchung des befruchteten Eies gehemmt;

2. ebenso die Reifung und damit der baldige Tod des unbefruchteten Eies;

1) Biochem. Zeitschr., Bd. I, S. 183 u. Pflügers Archiv, Bd. 113, 1906, S. 487.

3. auch der von dem Autor als schwarze Cytolyse bezeichnete Zerfall von Eiern, die zu lange mit hypertonischem Seewasser behandelt waren;

4. endlich bleibt die Parthenogenese anregende Wirkung hypertonschen Seewassers bei Gegenwart von KCN aus.

Es ergibt sich auch daraus eine, wenn auch nicht notwendigerweise vollständige Hemmung von Oxydationsvorgängen durch Cyankalium und die Harmlosigkeit geringer Gaben bei nicht zu langer Einwirkung. Ob die verderbliche Wirkung bei größeren Dosen auf der Bildung einer nicht reversibeln Verbindung oder Komplikation beruhen, wird offen gelassen. Außerdem habe ich auf einige andere uns interessierende Angaben aus den vorstehenden Arbeiten durch Anmerkungen hingewiesen. Die weiteren Folgerungen, die J. Loeb aus seinen Befunden für den Befruchtungsvorgang zieht, hier zu besprechen, habe ich natürlich keine Veranlassung.

Tabellen.

I. Sauerstoffkonsum.

a) Die „blinden“ Versuche zur Bestimmung der Fehlergrenze.

Versuch 7.

11.—14. III. 04. Barometer 12. III. 755 mm, 13. III. 754 mm, 14. III. 754 mm Hg.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrigr. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
11. III.										
10 ⁰⁴	4,4	3,675	2,7	17,2	430,474	760	397,14			
10 ¹⁰	4,3	3,55	2,7	(17,2)	430,599	761,25	397,918	+ 0,778	—	
2 ⁰⁰	4,175	3,4	2,7	16,9	430,756	762,75	399,423	+ 1,505	—	
4 ⁰⁰	4,2	3,5	2,7	16,9	430,725	761,75	398,860	— 0,663	0,16 ¹⁾	
5 ⁰⁵	13,7	13,0	1,45	17	418,793	655	332,260			Das Hg in die Höhe gesaugt z. gleichzeitig. Prüfung der Dichtigkeit des Abschlusses
5 ¹⁰					Eine Idee tiefer					
6 ⁰⁵	13,675	12,975	1,45	17,05	418,824	655,25	332,333	+ 0,073	+ 0,04	
12. III.										
9 ²⁰	13,9	13,175	1,45	17,0	418,542	653,25	331,154	— 1,179	— 0,04	
12 ²⁰	13,9	13,2	1,45	16,95	418,542	653	331,105	— 0,049	— 0,01	
3 ²⁰	13,9	13,175	1,45	16,9	418,542	653,25	331,315	+ 0,210	+ 0,04	
13. III.										
9 ²⁰	13,95	13,2	1,45	16,2	418,479	653	332,260	+ 1,145	+ 0,03	
14. III.										
8 ²⁰	13,9	13,2	1,45	15,6	418,542	653	333,319	+ 1,059	+ 0,05	

1) Etwas abgerundet.

Versuch 85.

15. XII. 04.

Barometer 747 mm Hg.

Ableseungen					Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Be- merkungen
Zeit	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Inter- vall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
12 ⁴⁰	Eingestellt				16,2					
12 ⁴⁵	5,025	4,175	2,2	16,2	429,189	747	390,869			
1 ¹⁵	5,125	4,275	2,2	16,3	429,063	746	390,040	- 0,829	0,8	
1 ⁴⁵	5,15	4,3	2,2	16,35	429,032	745,75	389,790	- 0,250	0,25	
2 ¹⁵	5,2	4,325	2,2	16,4	428,969	745,5	389,372	- 0,418	0,4	
3 ¹⁵	5,2	4,375	2,2	16,4	428,969	745	389,106	- 0,266	0,1	

Versuch 98.

15. u. 16. II. 05.

Barometer 761 mm Hg.

Ableseungen					Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Be- merkungen
Zeit	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Inter- vall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
15. II.	Eingestellt									
11 ⁰⁰										
11 ⁰⁵	3,375	2,9	1,4	17,4	441,410	766	410,179			
11 ²⁰	3,3	2,85	1,4	17,3	441,504	766,5	410,673	+ 0,494	-	
11 ³⁵	3,3	2,85	1,4	17,35	441,504	766,5	410,577	- 0,096	- 0,2	
11 ⁵⁰	3,3	2,85	1,4	17,35	441,504	766,5	410,577	0	0	
12 ⁰⁵	3,3	2,8	1,4	17,3	441,504	767	410,946	+ 0,369	+ 0,7	
12 ²⁰	3,325	2,8	1,4	17,3	441,473	767	410,916	- 0,030	- 0,06	
12 ³⁵	3,325	2,85	1,4	17,25	441,473	766,5	410,744	- 0,172	- 0,3	
12 ⁵⁰	3,325	2,875	1,4	17,25	441,473	766,25	410,607	- 0,137	- 0,3	
1 ⁰⁵	3,325	2,875	1,4	17,2	441,473	766,25	410,699	+ 0,092	+ 0,2	
2 ¹⁰	3,4	2,9	1,4	17,2	441,379	766	410,472	- 0,227	- 0,1	
4 ⁴⁰	3,45	2,95	1,4	17,0	441,313	765,5	410,524	+ 0,052	+ 0,01	
16. II.										
8 ³⁰	3,75	3,25	1,25	16,3	440,936	761	409,046	- 1,478	- 0,1	

b) Bestimmung des Verhältnisses CO₂ : O₂.

Versuch 17. Eingestellt 11¹⁵

11 ²⁵	5,25	3,95	2,55	17,5	459,792	743,5	414,207			} 5,2
11 ⁵⁵	5,9	4,55	2,45	17,6	459,071	736,5	409,389	4,818	4,8	
12 ²⁵	6,6	5,3	2,35	17,65	458,294	728	403,774	5,615	5,6	

Ohne Absorptionsmittel für CO₂ eingestellt 12³⁰. O₂-Konsum überstieg (O₂-Produktion :

12 ⁴⁰	8,25	7,05	2,05	17,9	495,522	707,5	423,521			} 0,2
1 ⁵⁵	8,2	7,00	2,05	18,1	495,578	707	422,843	0,778	0,3	
2 ¹⁵	8,2	7,00	2,05	18,15	495,578	707	422,740	0,103	0,1	

Also ca. 5,2 ccm Sauerstoff konsumiert und etwa 0,2 ccm weniger CO₂ produziert, so daß CO₂ : O₂ = 5 : 5,2 = 1 : 1,04 ist.

Versuch 93.

21. XI. 04

Barometer 751 mm Hg.

Ablesungen					Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Be- merkungen
Zeit	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrüg. Volum	Inter- vall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
1 ³⁵	Eingestellt ohne Absorptionsmittel für Kohlensäure									} O ₂ -Kon- sum größer als CO ₂ - Produkt.
1 ⁴⁰	9,5	8,25	1,8	18,2	494,135	701,7	(418,186)	—	—	
1 ⁴⁵	9,55	8,3	1,8	18,2	494,079	701,2	417,834			
2 ¹⁵	9,65	8,4	1,8	18,2	493,968	700,2	417,131	0,703	0,7	
2 ⁴⁵	9,75	8,5	1,8	18,2	493,857	699,2	416,428	0,703	0,7	
3 ¹⁵	9,85	8,6	1,8	18,2	493,746	698,2	415,726	0,702	0,7	
3 ³²	Mit Natronlange eingestellt									
3 ⁴³	4,9	3,85	2,1	18,2	460,181	747,9	415,674			
4 ¹⁸	5,25	4,15	2,1	18,2	459,812	744,9	413,639	2,035	2,0	
4 ⁴³	5,6	4,55	2,1	18,2	459,464	740,9	411,061	2,578	2,6	
5 ¹³	6,00	4,9	2,1	18,2	458,960	737,4	408,628	2,453	2,5	

Versuch 16.

Zunahme der Atmung in 24 Stunden.

6. u. 7. VII. 04.

Barometer 754 mm Hg.

Ablesungen					Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Be- merkungen
Zeit	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrüg. Volum	Inter- vall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
6. VII.	Eingestellt									
10 ³²										
10 ⁴⁷	7	5,6	4,3	24,2	386,202	757,5	343,058			
11 ¹⁷	7,7	6,3	4,2	24,3	385,365	749,5	338,408	4,650	4,65	
11 ⁴⁷	8,7	(7,3)	4,0	24,4	384,172	—	—			
12 ¹⁷	9,7	8,3	3,9	24,35	382,978	726,5	325,598	12,810	6,4	
7. VII.	Eingestellt									
2 ⁰⁷										
2 ³²	7,4	6,4	4,2	24,1	386,304	748,5	339,118			
3 ⁰²	8,4	7,4	(4,1)	24,7	385,110	738,5	332,368	6,750	6,75	
3 ³²	9,7	8,7	3,9	24,6	383,558	722,5	323,793	8,575	8,6	
4 ⁰²	11,1	10,1	3,7	24,5	381,887	706,5	315,181	8,612	8,6	
4 ³²	12,45	11,5	3,5	24,4	380,275	690,5	306,666	8,515	8,5	

Versuch 95.

Atmung auf destilliertem Wasser.

11. II. 05.

Barometer 752 mm Hg.

Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Be- merkungen	
Zeit	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Inter- vall		pro 1/2 Std.
	Niveau									
9 ⁴⁰	Eingestellt									
9 ⁴⁵	5,05	4,3	2,65	18,4	380,001	755,87	346,653			
10 ¹⁵	5,55	4,8	2,55	18,4	379,413	749,87	343,311	3,342	3,3	
10 ⁴⁵	6,2	5,4	2,45	18,4	378,637	742,87	339,342	3,969	4,0	
11 ¹⁵	6,9	6,2	2,4	18,45	377,801	734,37	334,554	4,778	4,8	
11 ⁵⁵	Auf destilliertem Wasser eingestellt									
12 ⁰⁰	4,95	4,1	2,65	18,45	380,130	754,28	345,944			
12 ³⁰	5,55	4,7	2,6	18,5	379,413	748,78	342,637	3,307	3,3	
1 ⁰⁰	6,3	5,45	2,5	18,5	378,518	740,28	337,864	4,773	4,8	
1 ³⁰	6,9	6,1	2,4	18,5	377,801	732,78	333,733	4,131	4,1	
2 ⁰⁰	7,5	6,725	2,3	18,55	377,085	725,53	329,652	4,081	4,1	
2 ³⁰	8,1	7,3	2,25	18,6	376,369	719,28	326,049	3,603	3,6	
3 ⁰⁰	8,75	7,9	2,2	18,6	375,592	712,78	322,369	3,680	3,7	
3 ³⁰	9,2	8,4	2,1	18,6	375,055	706,78	319,136	3,233	3,2	
3 ⁴⁰	Wieder auf Nährlösung versetzt; eingestellt									
4 ¹⁵	5,2	4,4	2,6	18,5	379,831	751,78	344,418			
4 ⁴⁵	5,825	5,0	2,5	18,5	379,085	744,78	340,472	3,946	3,9	
5 ¹⁵	6,5	5,7	2,45	18,4	378,279	737,28	336,253	4,219	4,2	

Die Cyankaliumversuche.

Versuch 1.

22. II. 04.

KCN-Gabe: 0,0164 g auf 150 ccm NL.

Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Be- merkungen
Zeit	Hg Innen	Hg Außen	T ° C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Inter- vall	pro 1/2 Std.	
	Niveau								
12 ³⁵	5,6	2,375	17,6	419,75	747,75	380,160			
1 ³⁵	6,65	2,15	17,8	418,43	735	372,015	8,145	4,1	
2 ⁰⁵	7,175	2,05	17,9	417,77	728,75	368,028	3,987	4,0	
3 ³⁵	8,75	1,85	18,0	415,79	711	356,999	11,027	3,7	
4 ⁰⁵	9,3	1,75	18,05	415,10	704,5	352,990	4,009	4,0	
KCN-Zusatz:									
4 ³⁰	4,6	2,6	18,1	465,034	760	427,210			
4 ³⁰	4,8	2,55	(18,05)	464,812	757,5	425,462	1,739	1,7	
5 ³⁰	5,05	2,55	18,2	464,535	755	423,675	1,787	1,8	
5 ³⁰	5,45	2,55	18,2	464,091	751	420,980	2,695	2,7	
6 ³⁰	5,9	2,5	18,2	463,591	746	417,668	3,002	3,0	
6 ⁵⁰	6,5	2,45	18,2	462,925	739,5	413,356	4,312	4,3	
7 ²⁰	7,1	2,35	18,2	462,259	732,5	408,770	4,586	4,6	
9 ³⁰	10,4	2,0	18,4	458,596	696	384,510	24,260	4,9	

 In diesem ersten
Versuche fehlte
die Wassersäule
über der Queck-
silberkuppe

Versuch 2.

23. u. 24. II. 04.

KCN-Gabe: 0,1412 g auf 150 ccm NL.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corr. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
23. II.										
3 ⁰⁰	5,025	4,4	2,475	18,05	451,422	751,75	418,782			
3 ³⁰	5,5	4,85	2,4	18,05 - 18,0	450,895	746,5	415,405	3,377	3,4	
4 ⁰⁰	6,075	5,425	2,325	18	450,257	740	411,243	4,162	4,2	
KCN-Zusatz:										
4 ¹⁸	5,375	4,15	2,45	18	419,249	754	390,165			
4 ⁴⁸	5,325	4,1	2,45	18	419,312	754,5	390,484	+ 0,319	+ 0,3	
5 ¹⁸	5,400	4,125	2,45	18	419,218	754,25	390,269	- 0,215	- 0,2	
Ausgewaschen:										
5 ³⁰	5,1	4,1	2,4	17,95	451,339	754	411,572			
6 ⁰⁰	5,075	4,05	2,4	18	451,367	754,5	411,685	+ 0,113	+ 0,1	
6 ³⁰	5,2	4,15	2,4	18	451,228	753,5	411,096	- 0,589	- 0,6	
8 ¹⁰	6,05	4,95	2,375	18	450,284	745,25	404,718	6,278	1,9	
10 ⁰⁰	7,625	6,6	2,075	17,85	448,536	725,75	393,563	11,155	3,0	
10 ⁰⁰	5,4	4,4	2,4	17,85	451,005	751	409,792			Neu eingest.
24. II.										
9 ⁴⁰	15,3	14,375	1,1	16,8	440,016	638,25	340,303	69,489	3,0	O ₂ -Mangel
9 ⁵⁵	4,875	4,1	2,2	16,8	451,589	752	420,889			Neu eingest.
10 ⁵⁵	5,7	4,875	2,075	(16,9)	450,673	743	415,008	5,881	3,0	
11 ²⁵	6,2	5,375	2,025	16,8	450,118	737,5	411,429	3,579	3,6	

Versuch 6.

Barometer nicht abgelesen; angenommen 751 mm (mittlerer Stand von Leipzig).

10. u. 11. III. 04.

KCN-Gabe: 0,1412 g auf 150 ccm NL.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corr. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
10. III.										
9 ³⁰	5,05	4,00	2,5	16,6	451,394	755	414,805			
9 ⁵⁰	5,5	4,4	2,45	16,65	450,895	750,5	411,734	3,071	3,1	
10 ²⁰	6,1	5,05	2,375	16,8	450,229	743,25	406,792	4,942	4,9	
KCN-Zusatz:										
10 ³⁵	5,05	4,025	2,625	16,8	427,657	756	393,156			
11 ⁰⁵	5,05	4,0	2,625	16,9	427,657	756,25	393,105	0,051	0,05	
11 ³⁵	5,075	4,025	2,625	16,95	427,626	756	392,852	0,253	0,25	
12 ⁰⁵	5,125	4,075	2,625	17,05	427,563	755,5	392,346	0,506	0,5	

Fortsetzung des Versuches 6.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Be- merkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Inter- vall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
Ausgewaschen:										
12 ¹⁰	5,15	4,05	2,3	17,25	461,283	753,5	421,750			
12 ³⁵	5,45	4,3	2,25	17,2	460,950	750,5	419,833	1,917	2,3	
1 ⁰⁵	5,8	4,625	(2,20)	17,3	460,562	746,75	417,236	2,597	2,6	
2 ⁴⁰	6,75	5,6	2,1	17,6	459,507	736	409,494	7,742	2,4	
2 ⁵⁰	5,175	4,05	2,275	17,6	461,256	752,25	420,317			
3 ²⁰	5,5	4,375	2,25	17,7	460,895	748,75	417,796	2,521	2,5	
3 ⁵⁰	5,875	4,7	2,225	17,7	460,479	745,25	415,427	2,369	2,4	
4 ²⁰	6,2	5,05	2,175	17,8	460,118	741,75	412,915	2,512	2,5	
11. III.										
8 ⁵⁵	10,4	3,6	2,3	17,4	455,456	757	426,431			
9 ²⁵	10,8	3,9	2,25	17,4	—	—	—			
9 ⁵⁰	11,2	4,25	2,2	17,4	454,568	749,5	421,384	5,047	2,5	

Versuch 9 u. 10.

Giftgewöhnung.

1. u. 2. V. 04.

Barometer 1. V. 753,5. 2. V. 751.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoff- konsum		Be- merkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Inter- vall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
1. V										
11 ⁵⁰	8,45	7,00	2,95	21,1	460,620	753	423,579			
2 ²⁰	12,3	10,75	2,55	21,0	456,247	711,5	396,512	27,067	5,4	
2 ⁵⁰	13,2	11,65	2,5	21,05	455,348	702	390,439	6,073	6,1	
0,200 g KCN auf 150 NL.										
3 ²⁰	8,5	7,35	2,95	21,2	460,565	753	423,382			
3 ⁵⁰	8,45	7,3	2,95	21,1	460,620	753,5	423,860	+ 0,478		Die Zunahme ist auf die Rechnung d. Temperatur- Ausgleiches zu setzen.
4 ²⁰	8,425	7,275	2,95	21,175	460,648	753,75	423,919	+ 0,059		
Ausgewaschen. Eingestellt 4 ³⁵ .										
4 ⁵⁰	7,8	(6,9)	3	21,2	461,342	756	415,240			
5 ²⁰	7,9	(6,9)	3	21	461,231	756	415,556	+ 0,316		
5 ⁵⁰	8,4	(7,4)	2,95	21	460,676	750,5	411,961	- 3,595	3,6	
6 ²⁰	8,95	7,95	2,9	21,2	460,065	744,5	407,602	4,359	4,4	
6 ³⁵	9,3	(8,3)	(2,85)	21,1	459,677	740,5	405,246	2,356	4,7	
2. V.										
10 ²⁰	7,8	6,9	3	20,4	461,342	756	426,944			
11 ²⁰	8,7	(7,7)	2,85	20,4	460,343	746,5	420,666	6,288	3,1	
0,200 g KCN auf 150 NL.										
11 ⁵⁰	11	9,6	2,7	20,4	457,790	720	403,483			
12 ⁵⁰	12,1	10,7	2,6	20,4	456,569	708	395,700	7,783	3,9	

Versuch 11.

Giftgewöhnung.

6., 7. u. 8. VI. 04.

Barometer 757 mm Hg.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Be- merkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T °C.	Volum	Druck	corr. Volum	Inter- vall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
6. VI.	Eingestellt									
9 ³⁵										
9 ⁴⁸	7,5	5,85	4,3	25,4	453,675	758	400,726			
10 ¹⁸	7,9	6,35	4,2	25,5	453,231	752	396,855	3,871	3,9	
12 ⁴⁸	12,85	11,15	3,7	25,1	447,736	699	364,276	32,579	6,5	
12 ²⁴	7,8	6,2	4,25	25,2	453,342	760	414,960			
1 ²⁴	8,7	7,15	4,1	25,2	452,343	749	408,053	6,907	6,9	
	0,200 g KCN auf 150 NL. Eingestellt 1 ⁴³									
1 ⁵⁰	6,8	5,8	4,3	25,3	454,452	759,5	402,450			
2 ²⁰	6,5	5,5	4,3	25,35	454,785	761,5	403,730	+ 1,280		T-Ausgleich
2 ⁵⁰	6,5	5,5	4,3	25,35	454,785	761,5	403,730	0	0	
3 ²⁰	6,5	5,55	4,3	25,25	454,785	761	403,670	- 0,060	0,06	
	Ausgewaschen:									
3 ⁵⁰	6,8	5,6	4,3	25,2	454,452	759	402,392			
4 ²⁰	6,6	5,4	4,4	25,3	454,664	762	404,006	+ 1,614		
4 ⁵⁰	6,6	5,45	4,4	25,2	454,664	761,5	403,940	- 0,066	0,07	
5 ²⁰	6,7	5,55	4,4	25,2	454,563	760,5	403,303	0,637	0,6	
6 ²⁰	7,1	5,9	4,3	25,35	454,119	756	400,132	3,171	1,6	
6 ⁵⁰	7,5	6,3	4,25	25,2	453,675	751,5	397,597	2,535	2,5	
7 VI.	Eingestellt									
10 ¹⁰	7,05	6,35	4,3	25	454,174	752	398,739			
11 ¹⁰	8,7	7,85	3,95	25,2	452,343	733,5	386,620	12,119	6,05	
11 ⁴⁰	9,75	8,85	3,8	25,2	451,177	722	379,378	7,242	7,2	
2 ⁰²	Eingestellt									
2 ²⁰	7,05	6,2	4,25	24,6	454,230	752	412,230			
3 ²⁰	8,75	7,9	3,95	24,6	452,287	732,5	399,823	12,407	6,2	
	0,200 g KCN auf 150 NL. Eingestellt 3 ⁴⁰									
3 ⁵⁵	6,7	5,5	4,3	25	454,563	760,5	403,737			
4 ²⁵	6,6	5,4	4,3	25,1	454,664	761,5	404,159	+ 0,422		
4 ⁵⁵	6,7	5,55	4,3	24,8	454,563	760	403,884	- 0,275	- 0,3	
5 ²⁵	6,7	5,55	4,3	24,95	454,563	760	403,566	0,318	0,3	
6 ⁵⁵	7,0	5,9	4,2	25,1	454,230	755,5	400,488	3,078	1,0	
7 ⁵⁶	7,8	6,6	4,2	25,15	453,342	748,5	395,774	4,714	2,4	
8. VII.	Eingestellt									
8 ³⁰	über Ende der Skala;	17,6	2,3	21,3	441,132	619,5	323,365	72,409	2,9	} O ₂ -Mangel
	aus Hg-Stand berechnet									
9 ¹⁵		17,1	2,3	25,25	441,687	624,5	319,443	3,922	2,0	

Versuch 12.

15.—18. VI. 04. Barometer 16. VI. 756 mm, 17. VI. 757 mm, 18. VI. 756 mm Hg.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corr. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
15. VI.	Eingestellt									
9 ²⁰										
9 ³⁴	6,8	5,95	4,3	25,2	436,459	762	388,923			
10 ⁰⁴	7,5	6,6	4,2	25,2	435,580	754,5	383,313	5,610	5,6	
11 ³⁴	10,7	9,6	3,5	25,4	431,561	717,5	360,156	23,157	7,7	
<p>Am 16. VI. 9⁴³ 0,200 g KCN auf 150 cem Nährlösung zugefügt und bis 11⁵⁷ damit in Berührung gelassen. Die Zahlen der Giftperiode sind wegen mangelhafter Temperatur-Bestimmung nicht benutzbar. Die Atmungsdepression war aber die gewöhnliche. Stand des Wasserniveaus: 6,15, 5,85, 5,65, 5,6, 5,55 in halbstündigen Intervallen; also Volum-Zunahme durch T-Ausgleich; ein sicheres Anzeichen einer höchstens minimalen Atmung.</p>										
Ausgewaschen 12 ⁰³ ; eingestellt 3 ⁰⁰										
3 ¹⁵	6,0	4,9	3,85	25	465,340	764	415,272			
3 ⁴⁵	5,9	4,8	3,85	25,1	465,451	765	415,709	+ 0,437		
4 ¹⁵	6,0	4,9	3,85	25,1	465,340	764	414,982	— 0,727	0,7	
4 ⁴⁵	6,05	5,0	3,85	24,95	465,284	763	414,767	— 0,225	0,2	
5 ¹⁵	6,0	4,95	3,85	25,2	465,340	763,5	414,546	0,221	0,2	
17. VI.	Eingestellt									
8 ⁵⁰	16,3	15,2	2,7	25,4	453,906	650,5	347,664	66,828	2,1	
9 ³⁵	6,4	5,3	3,85	25,4	464,986	761	425,811			Neue Nährlösg.
11 ⁰⁵	8,6	7,6	3,55	25,4	462,454	735	409,103	16,708	5,6	
4 ¹⁵	Eingestellt									
4 ³⁰	6,1	5,25	3,8	25,2	465,229	761	413,046			Die gleiche Nährlösung wie in der unmittelbar vorstehenden Reihe, aber ohne Pilzdecke; zur Entscheidung der Frage nach Bakterien bzw. Sporentwicklung s. S. 432.
5 ⁰⁰	6,1	5,2	3,8	25,2	465,229	761,5	413,421	+ 0,375		
5 ³⁰	6,0	5,2	3,8	25,2	465,340	761,5	413,425	+ 0,004		
6 ⁰⁰	6,0	5,15	3,8	25,2	465,340	762	413,705	+ 0,280		
18. VI.	Eingestellt									
8 ³⁰	6,8	5,9	3,75	23,1	464,452	752,5	412,090	— 1,615	— 0,06	
3 ¹⁰	7,6	6,8	3,7	23,2	463,564	743,5	406,029	— 6,061	— 0,5	

Versuch 13.

Längere Einwirkung:

17. 18. 19. VI. 04. Barometer: 17. VI. 757 mm, 18. VI. 756 mm, 19. 755 mm Hg.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Be- merkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T °C.	Volum	Druck	corrüg. Volum	Inter- vall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
17. VI.	Eingestellt									
6 ¹⁰										
6 ²⁵	6,9	6,1	4,2	25,4	428,333	759	391,291			
6 ⁵⁵	7,45	6,65	4,0	25,4	427,643	751,5	386,800	4,491	4,5	
	0,200 g KCN auf 150 NL. Eingestellt 7 ¹⁰									
7 ²³	6,7	5,8	4,3	25,4	428,585	763	481,143			
7 ⁵³	6,7	5,775	4,3	25,3	428,585	763,25	381,477	+ 0,334		
18. VI.										
8 ³⁰	7,6	6,65	4,2	23,1	427,454	752,5	379,263	- 2,214	0,09	Temperatur
9 ⁰⁰	7,2	6,3	4,25	24,3	427,957	756,5	379,420	+ 0,237		
10 ⁰⁰	6,9	6,0	(4,3)	25,3	428,333	760	379,677	+ 0,257		
	Angewaschen; eingestellt 10 ²⁵									
10 ⁴⁰	6,3	5,65	4,35	25,3	429,087	764	382,312			
6 ⁴⁰	6,5	5,8	4,3	24,8	428,836	762	382,051	- 0,259	- 0,02	
19. VI.										
9 ⁰⁰	11,25	10,55	3,4	22	422,870	704,5	352,760	29,291	1,0	
9 ³⁰	11,1	10,45	3,4	23,4	423,058	705,5	350,692	2,068	2,1	
10 ⁰⁰	11,4	10,65	3,35	23,5	422,682	703	348,914	1,778	1,8	
10 ³⁰	11,6	10,9	3,3	23,25	422,430	700	347,449	1,465	1,5	
10 ³³	6,75	6,0	4,3	23,35	428,522	759	383,101			
2 ⁰⁸	8,6	7,9	(3,9)	23,75	426,198	736	368,374	14,727	2,1	

Versuch 14.

Giftgewöhnung:

30. VI., 1. 2. VII. Barometer: 30. VI. 753 mm, 1. VII. 755 mm, 2. VII. 751 mm Hg.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Be- merkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T °C.	Volum	Druck	corrüg. Volum	Inter- vall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
30. VI.	Eingestellt									
9 ⁴⁰										
9 ⁵⁵	6,75	5,5	4,2	24	459,507	762	411,096			
10 ²⁵	7,1	5,85	4,2	24,1	459,119	758,5	408,589	2,507	2,5	Temperatur
11 ²⁵	8,3	7,1	3,95	23,9	457,787	743,5	399,525	9,064	4,5	

Fortsetzung des Versuches 14.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Intervall	pro ½ Std.	
	Niveau									
Mit 0,200 g KCN auf 150 NL; eingestellt 11 ⁴⁵										
12 ⁰⁰	6,5	5,3	4,3	23,8	459,715	765	413,184			Temperatur
12 ³⁰	6,2	5,0	4,3	24	460,118	768	414,980	+ 1,796		
3 ⁰⁰	6,6	5,4	4,3	23	459,674	764	414,477	- 0,503		
3 ³⁰	6,225	5,025	4,3	24	460,090	767,75	414,816	+ 0,339		
3 ³⁰ ausgewaschen; eingestellt 5 ²⁵										
5 ⁴⁰	6,65	5,45	4,2	24	459,618	762,5	423,802			O ₂ -Mangel
6 ¹⁰	6,65	5,45	4,2	23,8	459,618	762,5	424,085	+ 0,283		
8 ¹⁰	7,3	6,1	4,0	24	458,897	754	418,421	4,723	1,2	
8 ⁴⁰	7,5	6,25	4,0	24	458,675	752,5	417,386	1,035	1,0	
1. VII.										
9 ¹⁰	14,85	13,6	2,8	24	450,516	667	363,381	54,005	2,2	O ₂ -Mangel
9 ⁴⁰	15,2	14	2,75	24	450,128	662,5	360,619	2,762	2,8	
10 ⁰⁰	Neu eingestellt									
10 ²⁵	6,8	5,7	4,1	23,8	459,452	759	421,986			O ₂ -Mangel
10 ⁵⁵	7,25	6,15	4,1	24	458,952	754,5	418,747	3,239	3,2	
11 ⁵⁵	8,525	7,475	3,85	24	457,537	738,75	408,743	10,004	5,0	
Mit 0,200 g KCN auf 150 NL; eingestellt 4 ⁰⁵										
4 ²⁰	5,8	5,6	4,2	23,4	460,562	761	412,754			O ₂ -Mangel
4 ⁵⁰	unverändert			23,5	460,562	761	412,539	+ 0,115		
5 ²⁰	"			23,4	460,562	761	412,754	- 0,115		
8 ³⁰	6,65	6,4	(4,1)	23,8	459,618	752	406,052	- 6,702	1,1	
2. VII.										
9 ¹⁰	8,6	8,4	(3,8)	23,9	457,454	729	391,212	14,840	0,6	O ₂ -Mangel
12 ²⁰	9,1	8,9	3,7	23,5	456,899	723	388,228	2,984	0,5	

Versuch 15.

Längere Einwirkung. 0,100 g.

6. n. 7. VII. 04.

Barometer 6. VII. 754 mm, 7. VII. 754 mm Hg.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Intervall	pro ½ Std.	
	Niveau									
6. VII.										
10 ¹⁰	Einstellt									
10 ²⁵	6,9	5,75	4,15	24,2	464,341	758,5	413,027			O ₂ -Mangel
10 ⁵⁵	7,65	6,5	4,0	24,1	463,508	749,5	407,452	5,575	5,6	
12 ²⁵	10,7	9,5	3,15	24,2	460,123	714	384,532	22,920	7,6	

Fortsetzung des Versuches 15.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
0,100 g KCN auf 150 NL; eingestellt 3 ⁵⁵										
4 ¹⁰	6,1	5,25	4,25	24,2	465,229	764,5	417,191			
4 ⁴⁰	6,1	5,25	4,25	24,1	465,229	764,5	417,401	+ 0,210		
5 ¹⁰	6,1	5,2	4,25	24,2	465,229	765	417,472	+ 0,071		
5 ⁴⁰	6,25	5,35	4,25	24,0	465,162	763,5	416,998	- 0,474	0,5	
6 ¹⁰	6,125	5,3	4,25	24,3	465,201	764	416,664	- 0,334	0,3	
7. VII.										
8 ²⁰	9,3	8,4	3,7	24,3	461,677	727,5	393,151	23,513	0,8	
9 ²⁰	9,5	8,6	3,6	24,2	461,455	724,5	391,500	1,651	0,8	
10 ²⁵	9,9	9,0	3,5	24,2	461,011	719,5	388,338	3,162	1,6	
12 ⁴⁵	10,85	9,95	3,85	24,3	459,956	708,5	381,128	7,210	1,5	
Ausgewaschen; eingestellt 3 ⁰⁵										
3 ²⁵	5,85	5,7	4,1	24,2	465,906	758,5	414,420			
3 ⁵⁵	6,3	6,1	4,1	24,15	465,006	754,5	411,513	2,907	2,9	
4 ²⁵	6,85	6,7	4,0	24,1	464,396	747,5	407 110	4,403	4,4	
4 ⁵⁵	7,2	7,05	3,9	24,1	464,007	743	404,244	2,866	2,9	

Versuch 86 A.

Giftgewöhnung.

15. u. 16. XII. 04.

Barometer 15. XII. 747 mm, 16. XII. 755 mm Hg.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
15. XII.										
9 ²⁵	Einstellt									
9 ³⁰	4,225	3,875	2,45	15,9	418,693	749,75	383,290			
10 ⁰⁰	4,575	4,175	2,3	15,95	418,264	745,25	381,332	1,958	2,0	
10 ³⁰	4,900	4,5	2,275	15,95	417,846	741,75	378,357	2,975	3,0	
11 ⁰⁰	5,3	4,8	2,25	15,975	417,343	738,50	374,987	3,370	3,4	
Mit 0,200 g KCN auf 150 NL; eingestellt 11 ⁰⁵										
11 ⁴⁰	4,725	3,75	2,2	16,05	451,755	747,5	411,987			
12 ¹⁰	4,8	3,825	2,2	16,1	451,672	746,75	411,395	0,592	0,6	
12 ⁴⁰	4,825	3,85	2,2	16,15	451,644	746,5	411,113	0,262	0,3	
1 ¹⁰	4,85	3,9	2,2	16,25	451,616	746	410,637	0,496	0,5	
1 ⁴⁰	4,9	3,9	2,2	16,3	451,561	746	410,492	0,145	0,1	
2 ¹⁰	4,925	3,95	2,2	16,3	451,533	745,5	410,186	0,306	0,3	

Fortsetzung des Versuches 86 A.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T °C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
Augewaschen; eingestellt 3 ¹⁵										
3 ²⁰	4,4	3,65	2,2	16,4	452,116	748,5	419,999			
3 ⁵⁰	4,6	3,85	2,2	16,4	451,894	746,5	418,671	1,328	1,3	
4 ²⁰	4,9	4,1	2,15	16,4	451,561	743,5	416,681	1,990	2,0	
5 ²⁰	5,3	4,55	2,1	16,4	451,117	738,5	413,472	3,209	1,6	
16. XII.	Eingestellt									
8 ⁵⁰										
8 ⁵⁵	4,825	3,775	2,35	15,8	419,440	756,75	387,784			
9 ⁵⁵	5,7	4,6	2,2	15,9	418,341	748	382,039	5,745	2,9	
Mit 0,200 g KCN auf 150 NL. eingestellt um 10 ¹⁷										
10 ²⁵	4,55	3,8	2,35	16	419,785	756,5	387,610			
10 ⁵⁵	4,675	3,9	2,35	16	419,628	755,5	386,949	0,661	0,7	
11 ²⁵	4,775	4,0	2,35	16,1	419,503	754,5	386,134	0,815	0,8	
11 ⁵⁵	4,825	4,05	2,35	16,1	419,440	754	385,815	0,319	0,3	
12 ²⁵	4,9	4,1	2,35	16,2	419,346	753,5	385,290	0,525	0,5	
12 ⁵⁵	4,925	4,15	2,3	16,3	419,314	752,5	384,561	0,729	0,7	
Augewaschen; eingestellt 2 ⁵⁰										
2 ⁵⁵	5,0	3,875	2,35	16,775	419,220	755,25	392,409			
3 ²⁵	5,3	4,2	2,3	16,775	418,843	751,5	390,110	2,289	2,3	
3 ⁵⁵	5,6	4,45	2,3	16,775	418,466	749	388,462	1,648	1,6	
4 ²⁵	5,975	4,8	2,25	16,8	417,995	745	385,953	2,509	2,5	

Versuch 86 B.

Giftgewöhnung

15. u. 16. XII.

Barometer: 15. XII. 747 mm, 16. XII. 755 mm Hg.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T °C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
15. XII.	Eingestellt									
9 ⁴⁰										
9 ⁴⁵	4,6	3,9	2,45	15,85	377,908	748,5	335,421			
12 ¹⁵	6,2	5,525	2,05	16,1	376,097	728,25	333,915	11,506	2,8	
16. XII.	Eingestellt									
8 ⁵⁵										
9 ⁰⁰	4,55	3,9	2,4	15,9	380,467	756,5	350,662			
10 ⁰⁰	5,65	5,025	2,1	15,95	379,254	742,25	343,553	7,109	3,55	

Fortsetzung des Versuchs 86 B.

Zeit	Ableseungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T °C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
Mit 0,200 g KN auf 150 NL. eingestellt um 10 ³²										
10 ⁴⁰	4,6	3,925	2,45	16,0	380,408	756,25	351,138			
11 ⁴⁰	4,7	4,0	2,4	16,1	380,288	755	350,274	0,864	0,9	
11 ⁴⁰	4,75	4,1	2,4	16,15	380,228	754	349,665	0,609	0,6	
12 ⁴⁰	4,8	4,1	2,35	16,2	380,169	753,5	349,294	0,371	0,4	
12 ⁴⁰	4,85	4,175	2,35	16,3	380,109	752,75	348,724	0,570	0,6	
1 ⁴⁰	4,875	4,2	2,35	16,5	380,079	752,50	348,255	0,469	0,5	
Ausgewaschen; eingestellt 3 ⁰⁵										
3 ⁴⁰	4,925	3,75	2,35	16,85	380,020	757	349,751			
3 ⁴⁰	5,25	4,05	2,3	16,85	379,731	753,5	347,838	1,913	1,9	
4 ⁴⁰	5,575	4,4	2,2	16,85	379,343	749	345,368	2,470	2,5	
4 ⁴⁰	5,9	4,725	2,15	16,85	378,955	745,25	343,254	2,114	2,1	

Versuch 88.

NL. mit Traubenzucker.

12. n. 13. XII. 04.

Barometer: 12. XII. 753,5 mm, 13. XII. 738,5 mm Hg.

Zeit	Ableseungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T °C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
12. XII.	Eingestellt									
10 ³⁰										
11 ⁰⁰	4,75	3,875	2,3	16,4	419,664	754,05	385,562			
2 ⁰⁰	7,4	6,55	2,0	16,9	416,335	724,30	365,701	19,861	3,3	
Mit 0,200 g KUN auf 150 NL eingestellt 2 ¹²										
2 ³⁰	4,0	3,625	2,3	17,05	420,606	757,25	394,408			
2 ³⁰	4,125	3,7	2,3	17,05	420,449	756,5	393,871	0,537	0,5	
3 ³⁰	4,2	3,775	2,3	17,1	420,355	755,75	393,392	0,479	0,5	
3 ³⁰	4,275	3,85	2,3	17,05	420,260	755,00	392,913	0,479	0,5	
4 ³⁰	4,3	3,9	2,3	17,05	420,229	754,5	392,717	0,196	0,2	
Ausgewaschen; eingestellt 4 ³⁰										
4 ³⁰	4,0	3,8	2,3	17,05	420,606	754,5	392,976			
5 ³⁰	4,175	3,875	2,3	17,05	420,389	753,75	392,383	0,593	0,6	
5 ³⁰	4,3	4,0	2,25	17,05	420,229	752	391,415	0,968	1,0	
6 ³⁰	4,5	4,2	2,2	17,05	419,978	749,5	389,789	1,626	1,6	
13. XII.	Eingestellt									
9 ¹⁵										
9 ³⁰	4,05	3,875	2,3	15,6	420,523	739	379,853			
10 ³⁰	4,525	4,35	2,2	15,7	419,947	733,25	375,262	4,591	2,3	

Versuch 90 A.

Giftgewöhnung.

8. u. 9. XII.

Barometer 8. XII. 747,5 mm, 9. XII. 748 mm Hg.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corr. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
3. XII. 9 ³⁵	Eingestellt									
10 ⁰⁵	4,8	3,975	2,3	18,4	417,471	748,25	385,005			
11 ²⁵	6,225	5,45	2,15	18,35	416,681	732,00	376,007	8,998	3,0	
	Mit 0,150 g KCN auf 150 ccm NL; eingestellt 12 ⁰⁰									
12 ⁴⁰	4,625	3,7	2,35	18,4	417,691	751,5	386,893			
12 ⁴⁰	4,675	3,775	2,35	18,45	417,628	750,75	386,382	0,511	0,5	
1 ⁰⁰	4,725	3,8	2,3	18,45	417,565	750	385,937	0,445	0,4	
1 ⁴⁰	4,75	3,85	2,3	18,5	417,534	749,5	385,584	0,353	0,4	
	Ausgewaschen 1 ³⁰ :									
9. XII. 9 ³⁵	Eingestellt									
9 ⁴⁵	5,175	4,925	2,25	17,85	417,000	748,25	385,313			
11 ¹⁵	6,4	6,2	2,1	17,9	415,462	724,00	371,387	13,926	4,6	
	Mit 0,200 g KCN auf 150 NL; eingestellt 11 ³⁵									
11 ⁴⁵	4,325	3,175	2,35	18,1	418,068	756,75	382,380			
2 ⁴⁵	5,075	3,9	2,25	18,45	417,126	748,5	376,641	5,739	0,95	

Versuch 90 B.

Giftgewöhnung.

8. u. 9. XII. 04.

Barometer wie oben.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corr. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
8. XII. 10 ⁴⁰	Eingestellt									
11 ⁰³	4,850	4,200	2,55	18,2	463,616	748,8	428,184			
12 ³⁰	6,55	5,9	2,3	18,25	461,729	729,3	415,264	12,920	4,3	
9. XII. 9 ⁴⁵	Eingestellt									
9 ⁵⁵	4,825	4,275	2,55	17,7	463,644	748,6	420,202			
11 ²⁵	7,15	6,45	2,2	17,85	461,063	723,3	403,299	16,903	5,6	
	Mit 0,200 g KCN auf 150 NL; eingestellt 12 ⁰⁵									
12 ¹⁷	5,6	4,8	2,2	18	380,314	748	313,907			
2 ⁴⁷	6,05	5,15	2,0	18,35	379,239	742,5	339,782	4,125	0,8	

Versuch 91.

Giftgewöhnung.

2. u. 3. XII. 04.

Barometer 2. u. 3. XII. 748 mm Hg.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corr. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
2. XII.	Eingestellt 9 ⁴⁰									
11 ⁰⁰	6,275	5,050	2,4	16,7	453,225	738,5	407,021			
11 ³⁰	6,7	5,475	2,3	16,75	452,753	733,25	403,556	3,465	3,5	
12 ⁰⁰	7,15	5,9	2,2	16,85	452,253	728	399,979	3,577	3,6	
	Mit 0,200 g KCN auf 150 NL; eingestellt 2 ⁴⁵									
3 ¹⁰	5,025	4,2	2,6	17,2	454,612	748	412,653			
3 ⁴⁰	5,1	4,275	2,6	17,25	454,529	747,25	412,059	0,594	0,6	
4 ¹⁰	5,2	4,325	2,5	17,25	454,418	745,75	411,115	0,944	0,9	Beim Öffnen ohne Geruch nach KCN
4 ⁴⁰	5,25	4,4	2,5	17,25	454,362	745	410,643	0,472	0,5	
	Ausgewaschen; eingestellt 5 ²⁵									
5 ³⁵	4,8	4,0	2,6	17,35	454,862	750	413,713			
6 ⁰⁵	5,0	4,2	2,6	17,375	454,640	748	412,387	1,326	1,3	
6 ³⁵	5,2	4,425	2,55	17,4	454,418	745,25	410,599	1,788	1,8	
3. XII.	Eingestellt 10 ¹⁰									
10 ²⁰	4,925	4,05	2,6	16,45	454,723	751	415,052			
10 ⁵⁰	5,275	4,4	2,55	16,45	454,335	744,5	411,880	3,172	3,2	
11 ²⁰	5,7	4,825	2,45	16,5	453,863	740,25	408,964	2,916	2,9	
11 ⁵⁰	6,15	5,275	2,35	16,55	453,363	734,75	404,324	3,640	3,6	
1 ⁵⁰	8,00	7,125	2,00	16,7	451,310	712,75	390,895	14,429	3,6	
	Mit 0,200 g KCN; eingestellt 2 ¹⁵									
2 ²⁵	4,125	3,9	2,6	16,775	455,611	751	424,073			
2 ⁵⁵	4,25	4,025	2,55	16,8	455,472	749,25	422,956	1,117	1,1	
3 ²⁵	4,475	4,25	2,5	16,8	455,223	746,5	421,173	1,783	1,8	
3 ⁵⁵	4,55	4,3	2,5	(16,85)	455,139	746	420,779	(0,394)	(0,4)	
4 ¹⁵	4,575	4,4	(2,4)	16,9	455,112	744	419,515	1,264	1,9	

Versuch 92.

Giftgewöhnung.

22., 23. u. 24. XI. 04.

Barometer 743 u. 741 mm Hg.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corr. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
22. XI.	Eingestellt 11 ¹⁵									
11 ²⁵	5,25	3,95	2,55	17,5	459,792	743,5	414,207			
11 ³⁵	5,9	4,55	2,45	17,6	459,071	736,5	409,389	4,818	4,8	
12 ²⁵	6,6	5,3	2,35	17,65	458,294	728	403,774	5,615	5,6	

Versuch 92.

Giftgewöhnung:

22., 23. u. 24. XI. 04.

Barometer: 743 u. 741 mm Hg.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen			
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T	Volum	Druck	corrig. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.				
	Niveau			° C.									
Ohne Absorptionsmittel für CO ₂ , zur annähernden Bestimmung des Atmungskoeffizienten; neu eingestellt 12 ³⁰													
12 ³⁰	8,25	7,05	2,05	17,9	495,522	707,5	423,521	- 0,778	also fast 1.	(siehe T).			
1 ⁵⁵	8,2	7,00	2,05	18,1	495,578	707	422,843						
2 ²⁵	8,2	7,00	2,05	18,15	495,578	707	422,740				0,103		
Mit 0,200 g KCN eingestellt 2 ³⁵													
2 ⁴⁵	4,45	3,75	2,5	18,25	460,680	742,5	421,820	0,334	0,3	NL III			
3 ¹⁵	4,5	3,8	2,5	18,25	460,625	742	421,486						
3 ⁴⁵	4,55	3,875	2,5	18,25	460,569	741,75	421,292				0,174	0,2	
Bei künstl. Licht abgelesen.													
3 ⁴⁵	4,6	3,825	2,5	(18,3)	460,514	741,75	421,242	0,382	0,4				
4 ¹⁵	4,7	3,875	2,5	18,25	460,403	741,25	420,860						
4 ⁴⁵	4,7	3,9	2,5	18,25	460,403	741,0	420,715				0,145	0,1	
5 ¹⁵	4,8	4,0	2,5	18,25	460,292	740	420,046	0,669	0,7				
Ausgewaschen; eingestellt 5 ³⁵													
5 ⁴⁵	3,7	3,4	2,6	18,25	461,513	746,7	424,859	0,609	0,6				
6 ¹⁵	3,85	3,5	2,6	18,25	461,346	745,7	424,250						
8 ⁰⁰	4,95	4,35	2,4	18,25	460,125	736,2	417,718				6,532	1,8	
23. XI. Neu eingestellt 8 ⁵⁵													
9 ⁰⁵	5,35	3,9	2,55	17,3	459,681	742	422,004	3,298	3,3				
9 ³⁵	5,8	4,35	2,5	17,3	459,182	737	418,706						
10 ⁰⁵	6,4	4,95	2,4	17,3	458,516	730	414,118				4,588	4,6	
10 ³⁵	6,9	5,45	2,3	17,35	457,961	724	410,160				3,958	4,0	
Mit 0,200 g KCN; eingestellt 11 ⁰³ (NL.)													
11 ¹⁰	4,15	3,825	2,55	17,4	461,013	742,75	415,075	4,242	4,2	BeimÖffnen			
11 ⁴⁰	4,725	4,375	2,5	17,5	460,375	736,75	410,833						
12 ¹⁰	5,375	5,00	2,45	17,5	459,654	730,00	406,401				4,432	4,4	ohne jeden
1 ⁵⁵	7,625	7,275	2,0	17,65	457,156	702,75	388,226				18,175	5,2	Gerach nach KCN
Mit 0,200 g KCN auf NLIII; eingestellt 2 ²⁰													
2 ⁴⁵	5,15	4,25	2,5	17,75	459,903	739	411,258	5,516	5,5	BeimÖffnen			
3 ¹⁵	5,85	4,9	2,4	17,75	459,126	730,5	405,742						
3 ⁴⁵	6,65	5,75	2,3	17,8	458,238	721	399,484				6,258	6,3	ohne Geruch nach KCN
24. XI. Ohne Giftzusatz; eingestellt 10 ⁴⁵													
10 ⁵⁵	4,45	3,8	2,55	16,85	460,375	743	415,720	0,098	0,1				
11 ³⁵	4,45	3,8	2,55	16,9	460,375	743	415,622						

Der Pilz stand in der Nacht auf giftfreier Nährlösung; doch war, da jeder Geruch nach Blausäure fehlte, ein Auswaschen nicht erfolgt. Am 24. morgens war der Pilz offenbar tot, ohne Turgeszenz und roch stark nach Ammoniak.

Versuch 94.

Im Raum mit konstanter Temperatur.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T	Volum	Druck	corrüg. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau			° C.						
9 ⁵⁵	Eingestellt									
10 ⁰⁰	4,65	3,8	2,45	24,3	453,538	765,02				
10 ¹⁰	4,8	3,975	2,4	24,3	453,372	762,77	405,396			
10 ⁴⁰	5,6	4,75	2,25	24,3	452,484	753,52	399,546	5,850	5,85	
11 ¹⁰	6,4	5,55	2,1	24,3	451,696	744,02	393,667	5,879	5,9	
Mit 0,200 g KCN; eingestellt 11 ¹⁴										
11 ¹⁶	3,525	3,1	2,35	24,3	420,963	771,02				
11 ²⁰	3,550	3,125	2,35	24,3	420,931	770,77	380,457			
11 ⁵⁵	3,7	3,275	2,3	24,3	420,743	768,77	379,270	1,187	1,2	
12 ⁵	3,8	3,4	2,25	24,3	420,627	767,02	378,276	0,994	1,0	
12 ⁵⁵	3,9	3,5	2,2	24,3	420,492	765,52	377,393	0,882	0,9	
1 ⁵⁵	4,1	3,7	2,2	24,3	420,240	763,52	376,151	1,242	0,6	
2 ²⁵	4,25	3,825	2,15	24,3	420,052	761,77	375,095	1,056	1,1	

Versuch 96.

Gabe 0,800 g.

13. u. 14. II. 05.

Barometer: 13. II. 759 mm, 14. II. 05 761 mm Hg.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T	Volum	Druck	corrüg. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau			° C.						
13. II.	Eingestellt 9 ¹²									
9 ¹⁴	4,75	3,6	2,15	16,4	462,907	763,5	430,664			
9 ⁵⁸	5,15	3,95	2,1	16,35	462,363	759,5	427,762	2,702	2,7	
10 ¹⁸	5,65	4,4	2,05	16,35	461,908	754,5	424,674	3,288	3,3	
10 ³⁸	6,15	4,95	2,00	16,35	461,353	748,5	419,759	4,915	4,9	
Mit 0,800 g KCN auf 150 NL; eingestellt 11 ⁰⁰										
11 ⁰⁵	4,7	3,625	2,15	17,2	462,963	763,25	428,972			
11 ³⁵	4,7	3,625	2,15	17,2	462,963	763,25	428,972	0	0	
12 ⁰⁵	4,725	3,625	2,15	17,3	462,935	763,25	428,745	0,227	0,2	
12 ³⁵	4,75	3,675	2,175	17,4	462,907	763	428,375	0,370	0,4	
1 ⁰⁵	fast 4,8	3,7	2,175	17,55	462,852	762,75	427,879	0,496	0,5	
Ausgewaschen; eingestellt 1 ²⁵										
1 ³⁰	4,03	3,7	2,15	17,7	463,407	762,5	427,945			
2 ⁰⁰	4,475	3,825	2,15	17,7	463,213	761,25	427,051	0,894	0,9	
2 ³⁰	4,7	4,05	2,1	17,8	462,963	758,5	426,247	1,804	1,8	
3 ³⁰	5,225	4,45	2,0	17,9	462,380	753,5	421,456	4,794	2,4	
4 ⁰⁰	5,525	4,8	2,0	17,85	462,047	750,0	419,255	2,201	2,2	
4 ³⁰	5,8	5,1	1,95	17,8	461,742	746,5	417,082	2,173	2,2	
5 ⁰⁰	6,075	5,375	1,9	17,8	461,437	743,25	414,955	2,127	2,1	

Fortsetzung des Versuches 96.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T	Volum	Druck	corrig. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
14. II. 9 ³⁵	Eingestellt									
9 ⁴⁰	4,05	3,8	2,1	16,2	463,784	763	431,591			
10 ¹⁰	4,3	4,025	2,1	16,1	463,407	760,75	430,144	1,447	1,5	
10 ⁴⁵	4,625	4,375	2,0	16,15	463,046	756,25	427,121	3,023	3,0	
11 ¹⁵	5,00	4,7	2,0	16,2	462,630	753	424,772	2,349	2,35	
11 ³⁰	5,375	5,05	1,9	16,3	462,214	748,5	421,610	3,162	3,2	

Versuch 97.

0,400 g auf dest. Wasser. — Längere Dauer.

13., 14. u. 15. II. 05. Barometer: 13. II. 759 mm, 14. u. 15. II. 761 mm Hg.

Zeit	Ablösungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T	Volum	Druck	corrig. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
13. II. 2 ¹⁸	Eingestellt									
2 ²³	3,775	2,5	1,5	17,8	425,979	764,55	394,265			
3 ²³	5,5	4,15	1,05	17,7	423,812	743,55	381,457	12,808	6,4	
	Mit 0,400 g KCN auf 150 aq. dest.; eingestellt 3 ³⁰									
3 ⁴⁰	(3,325)	2,7	1,4	17,85	426,554	761,55	393,131			
4 ¹⁰	3,475	2,8	1,35	17,85	426,355	760,05	392,160	(0,971)		Unsicher
4 ⁴⁰	3,6	2,95	1,35	17,8	426,138	758,55	391,264	0,896	0,9	
5 ¹⁰	3,725	3,025	1,3	17,8	426,041	757,30	390,517	0,747	0,7	
5 ⁴⁰	3,8	3,175	1,3	17,8	425,947	755,80	389,641	0,876	0,9	
8 ⁰⁵	4,1	3,45	1,3	17,4	425,570	753,05	388,586	1,055	0,2	
14. II. 9 ⁰⁰	4,7	4,0	1,2	15	424,817	748,55	389,860	+ 1,274		Änderung des Barometerstandes, die langsam, hier konzentriert.
9 ³⁰	4,7	4,0	1,2	15	424,817	748,55	389,860	0	0	
10 ⁰⁰	4,7	4,0	1,2	15	424,817	748,55	389,860	0	0	
10 ³⁰	4,7	4,0	1,2	15	424,817	748,55	389,860	0	0	
	Ausgewaschen: eingestellt 10 ⁵⁵									
11 ⁰⁰	3,675	2,8	1,45	17,25	426,104	763,05	394,621			Pilz nicht mehr turgeszent.
12 ⁰⁰	3,575	2,7	1,45	17,35	426,230	764,05	395,098	+ 0,177		
2 ³⁰	3,425	2,575	1,45	17,8	426,417	765,30	395,074	- 0,024		
3 ³⁰	3,4	2,55	1,45	17,7	426,450	765,55	395,422	+ 0,348		
4 ³⁰	3,4	2,55	1,45	17,6	426,450	765,55	395,611	+ 0,189		
15. II. 9 ¹⁵	3,85	2,95	1,25	16,2	425,884	759,55	394,497	- 1,114		

Versuch 99.

Längere Dauer.

14., 15. u. 16. II. 05.

Barometer 761 mm Hg.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corr. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
14. II.	Eingestellt									
2 ³⁰										
2 ³⁵	3,825	3,25	2,25	17,0	461,180	768,6	430,79			
2 ⁵⁵	4,225	3,75	2,2	17,0	460,736	764,1	427,05	3,74	3,7	
3 ²⁵	4,7	4,25	2,1	17,1	460,209	758,1	423,693	3,357	3,4	
3 ⁵⁵	5,225	4,7	2,1	17,1	459,626	753,0	420,254	3,439	3,4	
	Mit 0,200 g KCN; eingestellt 4 ⁰⁵									
4 ¹⁰	4,8	3,7	2,15	17,1	460,12	764,1	427,021			
4 ⁴⁰	5,0	3,7	2,15	17,1	459,898	764,1	426,823	0,198	0,2	
5 ⁴⁰	5,1	3,8	2,15	17,05	459,787	763,1	426,224	0,599	0,3	
6 ⁴⁰	5,2	3,9	2,1	17,05	459,676	761,6	425,286	0,938	0,5	
15. II.	Ausgewaschen; eingestellt 11 ⁴⁷									
9 ¹⁰	5,9	4,55	1,95	16,2	458,899	753,6	421,688	3,598	0,1	
9 ⁴⁰	5,9	4,6	1,95	16,25	458,899	753,1	421,331	0,357	0,4	
10 ¹⁰	5,9	(4,575)	1,95	16,25	458,899	753,1	421,331	0	0	4,575 als Ablesungsfehler genommen
10 ⁴⁰	5,9	4,6	1,95	16,25	458,899	753,1	421,331	0	0	
11 ¹⁰	5,9	4,6	1,95	16,3	458,899	753,1	421,207	0,124	0,1	
11 ³²	5,0	3,7	2,15	16,4	459,88	764,1	428,247			
12 ²²	5,0	3,7	2,15	16,4	459,88	764,1	428,247	0	0	
12 ⁵²	5,025	3,725	2,15	16,4	459,852	763,85	428,016	0,231	0,2	
2 ¹²	5,1	3,775	2,15	16,45	459,769	763,35	427,568	0,448	0,1	
4 ⁴⁰	5,2	3,85	2,15	16,5	459,658	762,6	426,931	0,637	0,1	
16. II.	Ausgewaschen; eingestellt 11 ⁴⁷									
8 ³⁰	5,75	4,4	1,95	16,2	459,047	755,1	422,679	4,252	0,1	
10 ⁰⁰	5,8	4,4	1,95	16,2	458,992	755,1	422,629	0,050	0,02	

Versuch 100.

20., 21. u. 22. II. 05.

Gabe 0,500 g. Längere Dauer.

Zeit	Ablesungen				Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corr. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Niveau									
20. II.	Eingestellt 10 ⁰²									
10 ⁰⁵	4,475	3,6	2,15	17,65	464,700	764,1	430,165			
10 ³⁵	4,85	3,925	2,1	17,6	464,284	760,35	427,724	2,441	2,4	
11 ⁰⁵	5,35	4,4	2,05	17,6	463,629	755,1	424,039	3,685	3,7	

Fortsetzung des Versuches 100.

Ableseungen					Berechnungen			Sauerstoffkonsum		Bemerkungen
Zeit	H ₂ O	Hg Innen	Hg Auß.	T ° C.	Volum	Druck	corrig. Volum	Intervall	pro 1/2 Std.	
	Nivean									
Mit 0,500 g KCN auf 150 NL; eingestellt 11 ¹⁵										
11 ²⁰	4,55	3,7	2,15	17,7	464,620	763,1	429,410			T-Ausgleich
11 ³⁰	4,625	3,775	2,1	17,7	464,537	761,85	428,607	0,803	—	
11 ⁴⁵	4,675	3,8	2,1	17,7	464,481	761,6	428,450	0,157	0,3	
1 ⁴⁵	4,8	3,925	2,1	18,05	464,342	760,35	426,842	1,608	0,4	
2 ¹⁵	4,825	3,95	2,1	18,1	464,314	760,1	426,596	0,246	0,2	
2 ⁴⁵	4,85	3,975	2,1	18,15	464,286	759,85	426,327	0,269	0,3	
3 ¹⁵	4,9	4,0	2,1	18,2	464,231	759,6	426,031	0,296	0,3	
3 ⁴⁵	4,9	4,025	2,1	18,175	464,231	759,35	425,743	0,288	0,3	
4 ¹⁵	4,95	4,1	2,1	18,15	464,176	758,60	425,510	0,233	0,2	
5 ¹⁵	5,05	4,2	2,1	18,1	464,063	757,6	424,935	0,575	0,3	
8 ¹⁵	5,275	4,4	2,1	17,9	463,813	755,6	423,964	0,971	0,2	
Ausgewaschen; eingestellt 8 ³⁵										
8 ⁴⁰	4,6	3,675	2,2	17,8	464,560	763,85	429,582			T-Ausgleich
21. II.										
9 ¹⁰	5,6	4,6	2,05	16,9	463,450	753,10	424,197	5,385	0,2	
2 ¹⁰	5,8	4,8	2,05	17,1	463,338	751,10	422,550	1,647	0,2	
4 ¹⁰	5,875	4,85	2,05	17,25	463,255	750,60	421,881	0,669	0,2	
22. II.										
9 ⁶⁰	7,25	6,3	1,9	16,6	461,729	734,60	412,62	9,261	0,3	

II. Kohlensäureproduktion.

Nr. 2.

13. u. 14. VII. 04.

Gabe: 0,200 g auf 150 cem NL.

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
13. VII. 10—11	Luft durchgeleitet; ab 10 ²⁰ Pilz angeschlossen.				Die CO ₂ -Produktion ist hier stets in Milligramm CO ₂ angegeben.
11—12	Normal		18,45	18,45	
2 ⁵⁰ —3 ⁵⁵	CO ₂ freie Luft durchgeleitet				
4—5	} 0,200 g KCN auf 150 NL		1,23	1,23	
5—6			0,85	0,85	
14. VII. 8 ⁵⁰ —9 ³⁰	Apparat mit Pilz gelüftet				
9 ³⁰ —10 ⁵⁰	Normal		22,65	22,65	

Nr. 3.

14. VII. 04.

Gabe: 0,100 g auf 150 ccm NL.

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
11 ⁰⁵ —11 ⁵⁵	CO ₂ freie Luft durch		Apparat und Pilz		
11 ⁵⁵ —12 ⁵⁵	Normal		21,05	21,05	
4 ⁰⁰ —4 ⁵⁰	Apparat CO ₂ frei gemacht				
4 ⁵⁰ —5 ⁵⁰	} 0,100 g KCN auf 150 NL		3,85	3,85	
5 ⁵⁰ —6 ⁵⁰			5,85	5,85	

Nr. 5.

3. u. 5. XI. 04.

Gabe: 0,200 g auf 150 NL.

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
3. XI. 12—1	CO ₂ freie Luft durch		Apparat mit Pilz		
1 ¹⁰ —2 ¹⁰	Normal	17,5	21,5	21,5	
2 ¹⁵ —2 ⁴⁵	Apparat CO ₂ frei gemacht				
2 ⁴⁵ —3 ⁴⁵	} 0,200 g KCN auf 150 NL	17,9	2,1	2,1	
3 ⁴⁵ —4 ⁴⁵		18,1	2,7	2,7	
	Ausgewaschen:				
4 ⁵⁵ —5 ⁵⁵	Normal	18,35	8	8	
6 ⁰⁷ —7 ⁰⁷	"	18,55	13,2	13,2	
4. XI. 3 ⁴⁵ —4 ³⁰	Luft durch Apparat und Pilz				
4 ³⁰ —5 ³⁰	Normal	19	24,3	24,3	

Nr. 6.

7. XI. 04.

Gabe: 0,200 g auf 150 NL.

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
8 ⁵⁰ —9 ⁵⁰	CO ₂ freie Luft durch		Apparat und Pilz		
9 ⁵⁰ —10 ⁵⁰	Normal	18,4	19,5	19,5	
12 ³⁰ —1 ²⁵	Apparat CO ₂ frei gemacht				
1 ²⁵ —2 ²⁵	} 0,200 g KCN auf 150 NL	18,8	2,9	2,9	Es fällt etwas BaCO ₃ aus, da versäumt wurde, Pilz und Nährlösung vor dem Einschalten zu läßt. Baryt-Wasser völlig klar.
2 ²⁵ —3 ²⁵		18,8	1,8	1,8	
	Ausgewaschen:				
3 ⁴⁵ —4 ¹⁵	CO ₂ freie Luft durch		Apparat und Pilz		
4 ¹⁵ —5 ¹⁵	Normal	19	7,6	7,6	
5 ¹⁵ —6 ¹⁵	"	18,9	13	13	

Nr. 7.

9. XI. 04.

Gabe: 0,200 g auf 150 NL.

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
11—12 12 ⁰⁵ —1 ⁰⁵ 2 ⁴⁰ —3 ²⁰	CO ₂ freie Luft durch Normal	durch Apparat und Pilz 18,6	14,4	14,4	Pilz u. KCN 5 Min. an der Wasserstrahlpumpe gelüft. Wenig Min. infolge falsch. Hahnstellung gew. Luft durchgesaugt
3 ³⁰ —4 ³⁰	Apparat CO ₂ frei gemacht	18,8	2,4	2,4	
4 ³⁰ —5 ³⁰	} 0,200 g KCN auf 150 NL	18,9	1,8	1,8	
5 ⁴⁰ —6 ⁰⁵ 6 ⁰⁵ —7 ⁰⁵		Ausgewaschen: CO ₂ freie Luft durch Apparat und Pilz Normal	—	6,3	

Nr. 9.

11. u. 12. II. 05.

Gabe: 0,400 g KCN auf 150 NL

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
11. II. 8 ⁴⁵ —9 ¹⁵ 9 ¹⁵ —10 ¹⁵ 10 ⁴⁵ —11 ³⁰	CO ₂ freie Luft durch Normal	durch Apparat und Pilz	14,8	14,8	Pilz an Luftpumpe f. kurze Zeit } Baryt-Wasser völlig klar
11 ³⁰ —12 ³⁰ 12 ³⁰ —1 ³⁰	} 0,400 g KCN auf 150 NL	1,3	1,3	0,7	
2—3 3—4 4—5 5—6		Ausgewaschen: Normal " " " " " "	2,980 3,5 4,5 4,5	3,0 3,5 4,5 4,5	
12. II. 10 ⁰⁰ —10 ³⁰ 10 ³⁰ —11 ³⁰	CO ₂ freie Luft durch Normal	durch Apparat und Pilz 19	19		

Nr. 10.

19. u. 20. II. 05.

Gabe: 0,400 g KCN.

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
19. II. 9 ²⁵ —9 ⁵⁵ 9 ⁵⁵ —10 ⁵⁵ 10 ⁵⁵ —11 ⁴⁰ 11 ⁴⁰ —12 ⁴⁰ 12 ⁴⁰ —1 ⁴⁰	CO ₂ freie Luft durch Normal	durch System mit Pilz 18,5	13,1	13,1	
11 ⁴⁰ —12 ⁴⁰ 12 ⁴⁰ —1 ⁴⁰	} 0,400 g KCN auf 150 NL	18,5	1,9	1,9	
		App. CO ₂ frei gemacht; Pilz 5 Min. gelüftet	18,5	1,7	

Fortsetzung von Nr. 10.

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
Angewaschen:					
3 ⁰⁴ —4 ⁰⁴	Normal	18,4	2,8	2,8	
4 ⁰⁴ —5 ⁰⁴	"	—	6,2	6,2	
20. II. 9 ⁴⁰ —10 ¹⁰	CO ₂ freie Luft durch Apparat mit Pilz				
10 ¹⁰ —11 ¹⁰	Normal	18,8	8,6	8,6	

Versuch 11.

26. u. 27. II. 05.

Gabe: 0,400 g KCN.

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
26. II. 10 ⁴⁰ —11 ¹⁰	CO ₂ freie Luft durch Apparat und Pilz				
11 ¹⁰ —12 ¹⁰	Normal	16,6	9,1	9,1	
2 ⁰⁵ —2 ⁴⁰	Apparat CO ₂ frei gemacht				
2 ⁴⁰ —3 ⁴⁰	} 0,400 g KCN auf 150 NL.	17,4	1,1	1,1	Barytwasser ganz leicht getrübt.
3 ⁴⁰ —4 ⁴⁰		17,4	0,8	0,8	Barytwasser völlig klar.
Angewaschen:					
27. II. 9 ⁵⁰ —9 ⁵⁰	CO ₂ freie Luft durch Apparat und Pilz				
9 ⁵⁰ —10 ⁵⁰	Normal	16,8	8,1	8,1	

Versuch 8.

Blind d. h. ohne Pilzdecke.

7. II. 05.

Gabe: 0,200 g KCN (zur Bestimmung der Fehlergrenze).

Zeit	T	Titerabnahme entspricht mg CO ₂	Bemerkungen
7. II. 2 ²⁵ —3 ⁰⁵	CO ₂ freie Luft durch Apparat		Ohne Nährlösung. + NL mit 0,200 g KCN auf 150 ccm.
3 ⁰⁵ —3 ¹⁵			
3 ⁵⁵ —4 ⁵⁵	15	1,1	
4 ⁵⁵ —5 ⁵⁵	17	0,6	

womit außerdem erwiesen ist, daß bestimmbare Quantitäten KCN nicht in die Barytröhren übergelien.

Versuche mit Äther:

Versuch 2.

21. u. 22. XI. 04.

Gabe: 7 Vol.-% Äthyl-Äther. NL II.

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
21. XI. 3 ⁰⁰ —5 ¹⁰	7% Äther		nicht gemessen		3 ³⁹ schien sehr geschrumpft. 5 ¹⁰ ohne Turgessenz.
22. XI. 3—4	Luft durchgesaugt		mg		alte Decke geimpft am 4. XI., viel Sporen.
4 ¹⁰ —5 ⁰⁰	Normal	18,1	2,5	3,0	
5 ¹⁰ —6 ¹⁰	"	18,1	2,8	2,8	auf neue NL II.

Versuch 3.

2. u. 3. XII 04.

Gabe: 7 Vol.-% NLII.

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
2. XII. 10 ⁴⁰ —11 ²⁵	Luft durchgesaugt		mg		
11 ²⁵ —12 ²⁵	Normal	17,1	15,7	15,7	
2 ⁵⁰ —3 ⁵⁰	7% Äther	17,3	3,7	3,7	
4 ¹² —5 ¹²	Normal		1,0	1,0	
3. XII. 3 ³⁰ —4 ²⁰	n		verunglückt		

Versuch 4.

5. u. 6. XII. 04.

Gabe: 7 Vol.-%. Langsames Auswaschen.

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
5. XII. 10 ⁰⁰ —10 ³²	CO ₂ freie Luft durchgesaugt				
10 ³⁰ —11 ³⁰	Normal	17,6	16,4	16,4	
1 ⁴⁵ —2 ⁰⁰			gelüftet		
2 ⁰⁵ —3 ⁰⁵	Äther 7%		1,7	1,7	
Äther-Lösung allmählich durch 1% Salpeterlösung ersetzt:					
4 ⁰⁵ —5 ⁰⁵	Normal		1,1	1,1	Der Pilz schon beim Herausnehmen, also vor Beginn des Auswaschens geschrumpft
5 ²⁰ —6 ²⁰	n	18,2	0,6	0,6	
6. XII. 3—4	n		gelüftet		
4—5	n	18,6	1,0	1,0	

Versuch 5.

24. u. 25. II. 04.

6 Vol.-% Äther.

Zeit	Behandlung	T	CO ₂ -Produktion		Bemerkungen
			Intervall	pro 1 St.	
24. II. 9 ²⁵ —9 ⁵⁵	CO ₂ freie Luft durchgesaugt				
9 ⁵⁵ —10 ⁵⁶	Normal	17,	13,3	13,3	
11 ²⁰ —12 ²⁰	} 6% Äther	17,1	5,8	5,8	Pilz untergetaucht
12 ²⁰ —1 ²⁰		17,2	1,2	1,2	
1 ³⁵ —3 ⁴⁰	Ausgewaschen und gelüftet				
3 ⁴³ —4 ⁴³	Normal		3,2	3,2	
25. II. 9 ³⁰ —10 ⁰⁰	CO ₂ freie Luft durchgesaugt				
10—11	Normal	17,2	1,0	1,0	Am 26. Pilz untergetaucht, tot.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [44](#)

Autor(en)/Author(s): Schroeder Heinrich

Artikel/Article: [Über den Einfluss des Cyankaliums auf die Atmung von Aspergillus niger nebst Bemerkungen über die Mechanik der Blausäure - Wirkung. 409-481](#)