

BULLETIN INTERNATIONAL
DE L'ACADEMIE DES SCIENCES DE CRACOVIE.

III. CLASSE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET NATURELLES.

N° 4.

Avril

1901.



-
- Sommaire:** 22. M. NENCKI et J. ZALESKI. Sur les produits de la réduction de l'haemine sur sa constitution et sur celles de ses dérivés.
23. J. GRZYBOWSKI. La microfaune des grès des Carpathes. III. Les Foraminifères des couches à Inoceramus des environs de Gorlice.
24. E. GODLEWSKI et F. POLZENIUSZ. Sur la respiration des graines placées dans de l'eau et sur la production de l'alcool pendant la respiration.
25. PUBLICATIONS DE LA CLASSE.
-

Séance du lundi 1. Avril 1901

PRÉSIDENTE DE M. E. GODLEWSKI.

22. M. L. Marchlewski présente le travail de MM. NENCKI et J. ZALESKI:
Produkty odtlnienia heminy, budowa jej i pochodnych. (*Ueber die Reductionsproducte des Haemins, die Constitution derselben und seiner Abkömmlinge*). (*Sur les produits de la réduction de l'haemine sur sa constitution et sur celles de ses dérivés*).

Bekanntlich sind die Eigenschaften und die Zusammensetzung des von L. Marchlewski und E. Schunck ¹⁾ entdeckten Phylloporphyrins denen des Haematoporphyrins sehr ähnlich. Während letzteres die Formel $C_{16}H_{18}N_2O_3$ besitzt, ist die Formel des ersteren $C_{16}H_{18}N_2O$. Wie Marchlewski und Schunck annehmen, können beide Substanzen als verschiedene Oxydationsstufen einer und derselben Muttersubstanz betrachtet werden, sie könnten sich zu einander etwa so verhalten wie Purpurin zum Oxyanthrachinon. In der That haben wir ²⁾ nachgewiesen, dass Haematoporphyrin zwei Wasserstoffe enthält, welche durch Alkylgruppen ersetzt werden können, dass es demnach eine zweifach hydroxylierte Verbindung

¹⁾ Ann. d. Chem. 284, 81 und 290, 306.

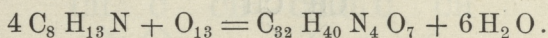
²⁾ Z. für physiol. Chemie 30, 428 (1900).

ist. Als nächste Aufgabe, die zugleich als eine der wichtigsten der modernen physiologischen Chemie erscheint, erwies sich die Umwandlung des Phylloporphyrins in Haematoporphyrin oder vice versa. Da erstes sehr schwer zugänglich ist, so wurden die diesbezüglichen Versuche mit dem Haematoporphyrin ausgeführt, und zwar wurde versucht, die Muttersubstanz desselben durch Reduction in Phylloporphyrin umzuwandeln. Hierbei wurde zwar das vorgesezte Ziel nicht erreicht, dafür aber ein neuer Körper von interessanten Eigenschaften erhalten. Der Versuch wurde, wie folgt, ausgeführt: 5 gr. des rohen Acethaemins wurden mit 75 gr. Eisessig und 75 gr. Jodwasserstoffsäurelösung vom spec. Gew. 1.7 unter heftigem Schütteln auf dem Wasserbade erwärmt. Das Haemin löst sich dabei sehr schnell und die Lösung nimmt die Farbe von Haematoporphyrinlösungen an. Die klare Lösung wird in Wasser gegossen, wobei ein rother jodhaltiger Niederschlag erhalten wird, welcher beim Erhitzen mit Eisessig, Jodwasserstoffsäure und Jodphosphonium Jod verliert und in eine neue Verbindung übergeht, welche krystallisationsfähig ist und krystallisirte Verbindungen mit Alkalien und Säuren liefert. Dieser neue Körper soll mit dem Namen Mesoporphyrin bezeichnet werden, da seine Zusammensetzung der Formel $C_{16}H_{18}N_2O_2$ entspricht, und er demnach zwischen Phylloporphyrin und Haematoporphyrin fällt. Mesoporphyrin kann übrigens weit besser direct aus Haemin erhalten werden unter Umgehung der jodhaltigen Zwischenstufe, worüber im Original nachzusehen ist.

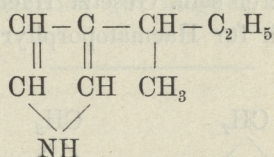
Mesoporphyrin zeigt dem Haematoporphyrin ganz ähnliche Eigenschaften, es ist unlöslich in Wasser, sehr schwer in Alkohol und Aether, es schmilzt noch nicht bei 340° . Die alkalischen Lösungen haben eine rothbraune Farbe, die sauren ähneln dem des Haematoporphyrins. Es wurde ein krystallinisches Chlorhydrat erhalten, welches analysirt wurde, wie auch ein Nitrat. Mit verd. Salpetersäure eingedampft scheint es einer Zersetzung zu unterliegen, dabei einen neuen Körper von rother Farbe liefernd. Conc. Salpetersäure verursacht einen Farbenumschlag in grün. Aehnlich wirkt auch H_2O_2 bei Anwesenheit von Säuren, wobei grüne Krystalle erhalten werden.

Bei energischerer Reduction, also bei längerem Erwärmen der obigen Mischung, wird anstatt des Mesoporphyrins ein neuer sauerstofffreier Körper erhalten, der mit Wasserdämpfen flüchtig ist, welcher die Zusammensetzung $C_8H_{13}N$ besitzt und als Haemopyrrol bezeichnet werden soll. Haemopyrrol gibt eine schwer lös-

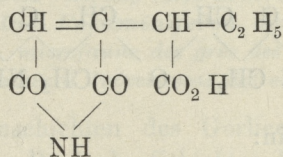
liche Verbindung mit Quecksilberchlorid von der Zusammensetzung $(C_8 H_{12} N)_2 Hg (Hg Cl_2)_4$ wie auch ein Picrat von der Formel $C_8 H_{13} N \cdot C_6 H_2 (NO_2)_3 OH$. An der Luft färbt sich Haemopyrrol roth und der entstandene Körper zeigt ein Absorptionsspectrum, welches mit dem des Urobilins identisch ist. Im Organismus verwandelt sich Haemopyrrol ebenfalls in Urobilin um, wie zu erwarten war. Da Urobilin, oder richtiger Hydrobilirubin, durch Reduction von Bilirubin entsteht, nach Maly die Zusammensetzung $C_{32} H_{40} N_4 O_7$ hat, und dieses höchstwahrscheinlich isomer mit dem aus dem Blutfarbstoff entstehenden Urobilin ist, so kann die Oxydation des Haemopyrrols, wie folgt, formuliert werden:



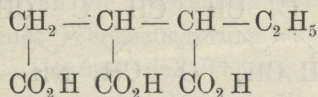
Bezüglich der Constitution des Haemopyrrols kann man in Anbetracht der Versuche von Küster in Bezug auf die Oxydationsproducte des Haematoporphyrins annehmen, es wäre ein Isobutylpyrrol:



Bei der Oxydation dieses könnte zunächst die Verbindung

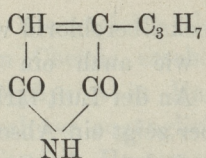


entstehen, welche das Imid der Aethylakonitsäure (Küsters Säure $C_8 H_9 NO_4$) vorstellen würde. Sodann kann man die Bildung der Küster'schen Säure $C_8 H_8 O_5$ vorhersagen und endlich auch die Säure

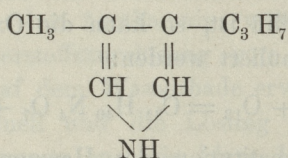


d. h. die Aethyltrikarballylsäure von Auwers.

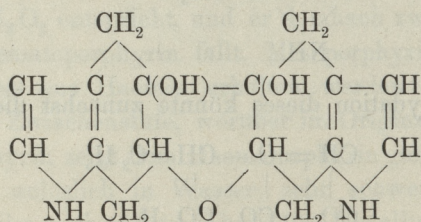
Durch Abspaltung von Kohlensäure könnte aus dem Imid der Formel $C_8 H_9 NO_4$ das Imid der Propylmaleinsäure gebildet werden:



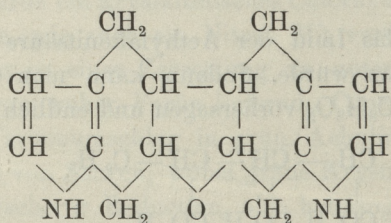
Küster nimmt zwar an, dass dieses Imid identisch ist mit dem der Methylethylmaleinsäure von Fittig. Ist diese Auffassung die richtige, so müsste Haemopyrrol als Methylpropyrrol aufgefasst werden:



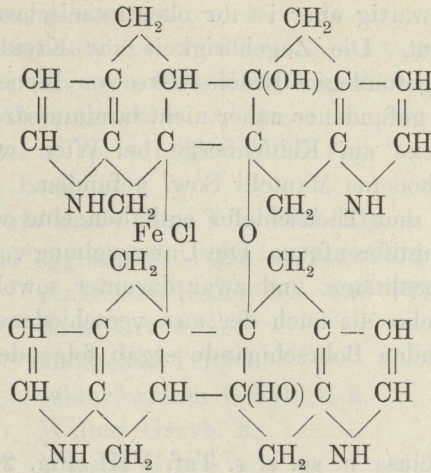
Je nachdem die endgiltige Constitutionsbestimmung des Haemopyrrols ausfallen wird, werden seine farbigen Derivate ebenfalls verschieden zu formulieren sein. Gesetzt Haemopyrrol ist Isobuthypyrrol, dann würde sich für Haematoporphyrin etwa die folgende Formel ergeben:



und für Phylloporphyrin:



Aehnlich kann man auch für Mesoporphyrin und Haemin schon jetzt Formeln ableiten. Letzteres könnte z. B. die Constitution:



Diese Formel würde zu einer im Vergleich mit der experimentell gefundenen Haeminformel um ein Wasserstoff reicheren Bruttoformel führen, was natürlich gut möglich ist.

23. M. L. Szajnocha présente le travail de M. J. GRZYBOWSKI: **Mikrofauna utworów karpackich. III. Otwornice warstw inoceramowych okolicy Gorlic.** (Mit Tafeln VIII, IX). (*Die Mikrofauna der Karpathenbildungen. III. Die Foraminiferen der Inoceramenschichten von Gorlice*). (*La microfaune des grès des Carpathes. III. Les Foraminifères des couches à Inoceramus des environs de Gorlice*).

Die Inoceramenschichten des Gorlicer Gebietes, die auch unter dem Namen der Ropianka-Schichten bekannt sind, bilden in dieser Gegend keinen zusammenhängenden Zug, sie tauchen vielmehr unter dem sie überlagernden Tertiaer in einzelnen hie und da zusammenfließenden Inseln hervor, indem sie nur in tiefer eingeschnittenen Thälern an die Oberfläche gelangen.

Sie sind aus einer Wechsellagerung von strzolkaartigen Sandsteinen, grauen Thonschiefern und Thonen zusammengesetzt, und sind von rothen Thonen mit eingelagerten Nummulitensandsteinbänken überlagert.

Ueber das Alter der Inoceramenschichten herrschte längere Zeit eine lebhaft Discussion. Sie waren zuerst als untere Kreide

aufgefasst, gegenwärtig aber ist ihr obercretacisches Alter fast einstimmig anerkannt. Die Zugehörigkeit zur Kreide beweisen die darin mehrmals gefundenen Bruchstücke von Inoceramen, und ein in dieser Gegend gefundener näher nicht bestimmbarer Ammonit. Im analogen Complexe am Kahlenberge bei Wien wurde von Prof. Toula ein *Acanthoceras Mantelli* Sow. gefunden.

Die Thone und Thonschiefer enthalten eine wenn auch nicht sehr reiche Foraminiferenfauna. Die Untersuchung von 110 Schlammproben aus 8 Localitäten, und zwar darunter sowohl des Materials der Tagesoberfläche, als auch der aus verschiedener Tiefe (bis zu 460 m.) stammenden Bohrschmande ergab folgende Suite von 100 Foraminiferen.

- Spiroloculina inclusa* n. sp. s. s. Taf. VIII, Fig. 20.
simplex n. sp. s. s. Taf. VIII, Fig. 21.
fissistomata n. sp. s. s. Taf. VIII, Fig. 22, 23, 24.
occulta n. sp. s. s. Taf. VIII, Fig. 25.
complanata n. sp. s. s. Taf. VIII, Fig. 26.
- Dendrophrya excelsa* Grzyb. s.
latissima Grzyb. s. h.
robusta Grzyb. s. h.
- Sorosphaera confusa* Brady s. s.
Psamosphaera fusca Schultze s. s.
Saccamina sphaerica Brady s.
socialis Brady s.
- Hyperamina nodata* Grzyb. s. s.
subnodosiformis Grzyb. s. s.
 sp. aff. *subnodosiformis* s. s. Taf. VIII, Fig. 5.
- Rhabdammina abyssorum* M. Sars. s. h.
subdiscreta Rzh. s. h.
linearis Brady s. h.
- Reofax ovulum* Grzyb. s.
lenticularis Grzyn. s.
diffflugiformis Brady s. Taf. VIII, Fig. 4.
placenta Grzyb. s. h.
grandis Grzyb. s. s.
duplex Grzyb. s. h.

- Reofax pilulifera* Brady s. h.
guttifera Brady h.
elongata Grzyb. s. Taf. VIII, Fig. 2.
subnodulosa Grzyb. s.
ovuloides n. sp. s. Taf. VIII, Fig. 3.
adunca Brady s. s.
baccillaris Brady s. s. Taf. VIII, Fig. 1.
- Haplophragmium agglutinans* d'Orb. s. Taf. VIII, Fig. 8, 9.
canariense Brady s. s. Taf. VIII, Fig. 13.
turpe Grzyb. s.
fontinense Terq. h.
subturbatum Grzyb. s. h.
Walteri Grzyb. h.
immane Grzyb. s.
deflexum n. sp. s. Taf. VIII, Fig. 10, 11.
horridum n. sp. s. Taf. VIII, Fig. 12.
- Ammodiscus polygyrus* Rss. s. h. Taf. VIII, Fig. 27.
angygyrus Rss. s. h.
tenuissimus Grzyb. h.
latus Grzyb. h.
Bornemani Rss. s.
Gorayskii Grzyb. s. Taf. IX, Fig. 13.
septatus Grzyb. h.
charoides Park. et Jon. s. h.
gordialis Park. et Jon. h.
serpens Grzyb. s. h. Taf. IX, Fig. 17.
demarginatus Grzyb. h.
irregularis Grzyb. h.
glomeratus Grzyb. s.
dubius n. sp. h. Taf. IX, Fig. 12, 14.
fallax Rzhk. s. s.
gorlicensis n. sp. s. s. Taf. VIII Fig. 28.
- Webbina clavata* Jon. et Park. h. Taf. VIII Fig. 6, 7.
- Trochammina Carpenteri* Grzyb. s.
pauciloculata Brady s.
intermedia Rzhk. h.
variolaria Grzyb. h.
coronata Brady h.

- Trochammina subcoronata* Rzhk. s. h.
 contorta Grzyb. s. h.
 elegans Rzhk. s.
 deformis Grzyb. s. h.
 Walteri Grzyb. s. s.
 lamella Grzyb. s. s.
 nucleolus Grzyb. s. s. Taf. IX, Fig. 11.
 tenuissima Grzyb. h.
 folium Grzyb. h. Taf. IX, Fig. 5, 9.
 ammonoides n. sp. h. Taf. IX, Fig. 4, 15.
 conglobata Brady r.
 acervulata Grzyb. h.
 heteromorpha Grzyb. s. h. Taf. IX, Fig. 6, 7, 8.
 lituiformis Brady h.
 Draco n. sp. s. s. Taf. IX, Fig. 10.
 mitrata n. sp. s. s. Taf. IX, Fig. 3.
 uviformis n. sp. s. Taf. IX, Fig. 1, 2.
- Cyclammina suborbicularis* Rzhk. s. h.
 retrosepta Grzyb. s. h.
 amplectens Grzyb. h.
 gracilis n. sp. h. Taf. IX, Fig. 16.
- Textularia trochus* d'Orb. s. s.
 subhaeringensis Grzyb. s. s.
 aspera Brady s. s. Taf. VIII, Fig. 19.
- Spiroplecta foliacea* Rzhk. s.
 spectabilis Grzyb. h.
 brevis Grzyb. s.
 Clotho n. sp. s. s. Taf. VIII, Fig. 18.
- Bigenerina digitata* d'Orb. s. s. Taf. VIII, Fig. 14.
Clavulina parisiensis d'Orb. s. Taf. VIII, Fig. 17.
- Gaudryina Reussi* Hantk. h.
 coniformis Grzyb. s. h.
 tenuis Grzyb. s. h.
 conversa n. sp. h. Taf. VIII, Fig. 15, 16.
- Verneullina pygmaea* Egger. s. s.
 propinqua Brady s. Taf. IX, Fig. 18.
- Globigerina bulloides* h.



J. Grzybowski ad nat. del.

Lith. Kranikowski à Cracovie.





J. Grzybowski ad nat. del.

Lith. Kranikowski à Cracovie.



Den Hauptcharakterzug dieser Fauna bildet der vollständige Mangel an kalkschaligen Foraminiferen. Dieser Mangel kann nicht durch späteres Auslaugen der kalkigen Schalen erklärt werden, da in denselben Schichten mehrmals Globigerinenschalen, sogar in zahlreichen Exemplaren gefunden wurden. Die Globigerinen jedoch, die zum typischen Plankton gehören, konnten auch von Strömungen von Weitem her eingeschleppt werden, und bilden in der ausgesprochenen Bodenfauna der übrigen Foraminiferen ein fremdes Element.

Keine von den bekannten und zahlreichen Foraminiferenfaunen der Kreide, kann in dieser Hinsicht mit der Gorlicher Fauna verglichen werden. In allen übrigen sind die agglutinierenden und kieselschaligen Arten nur schwach vertreten, indem sie 6 bis höchstens 20% aller Arten liefern, und unter diesen bilden in der Regel die Textulariden den herrschenden Typus, von den Lituoliden sind sonst nur die Haplophragmien öfters zu finden.

Dagegen ist dieser in der Kreide befremdende Zug der Fauna ein Merkmal, das sie mit den alttertiären Foraminiferenfaunen der Karpathen in nahe Beziehung bringt. In der oligocänen Fauna von Wadowice und noch mehr in der eocänen Fauna von Potok kommt dieser Zug zur Ausprägung, indem in der ersten 52%, in der anderen sogar 85% aller Arten zu den agglutinierenden und kieselschaligen gehören. Wenn wir die 17 neue Arten der Gorlicher Fauna bei Seite lassen, so finden wir, dass 29% der Arten der Inoceramen-schichten im Oligocän und 70% im Eocän von Potok vertreten sind.

Die umfangreichste der Foraminiferenfaunen der Kreide, die Fauna der alpinen Oberkreide von Bayern, zeigt unter 448 Arten 61% solcher, die ausschliesslich in der Kreide vorkommen, und nur 28% solcher, die zugleich in der Kreide und im Tertiaer sich vorfinden. Dagegen giebt es in unserer Fauna keine einzige auf die Kreide beschränkte Art, 8 von diesen leben von der Kreide an oder noch vorher bis jetzt, während die Mehrzahl der übrigen nur aus dem Tertiaer bekannt ist.

Es führt das daher zu dem Schlusse, dass die Inoceramen-schichten von Gorlice eher zum Tertiaer als zur Kreide gerechnet werden sollten.

Der Annahme eines solchen Schlusses steht das Auftreten von Inoceramenbruchstücken in denselben Schichten im Wege. Wenn

wir nicht annehmen wollen, dass die betreffenden Inoceramen, auf secundärer Lagerstätte sich finden, so müssen wir den obigen Schluss etwas anders gestalten.

Wie bekannt, ist durch Nummulitenfunde festgestellt worden, dass die rothen Thone mit Nummulitensandsteinen, dem Obereocän angehören. Da die Foraminiferenfauna dieser rothen Thone, mit der der tieferen Schichten identisch ist, da sich diese rothen Thone bis zur Tiefe von 460 m. mehrmals wiederholen, so giebt es keinen Grund, eine Transgression zwischen Nummulitenschichten und den Inoceramenschichten anzunehmen. Die letzteren würden also einen einheitlichen Complex mit den obereocänen rothen Thonen bilden, und müssen dann mittleres, unteres Eocän, und ein Theil der oberen Kreide vertreten. Sie würden daher eine analoge Erscheinung wie die lybische Stufe der mittelländischen Provinz darstellen.

Unsere bisherigen Kenntnisse über die Inoceramenschichten anderer Gegenden Galiziens, stehen gar nicht im Wege, um unseren Schluss zu billigen. Die darin gefundenen Inoceramen beweisen nur ihre Zugehörigkeit zur Kreide und die in der Gegend von Dobromil festgestellte Transgression der Inoceramenschichten über die untere Kreide ist ein Argument, das für ihr obereretacisches Alter spricht.

Wenn wir jedoch berücksichtigen, dass auch untercretacische Ablagerungen der Karpathen Inoceramen enthalten, dass diese untercretacischen Schichten, durch das Alttertiaer bedeckt, sich weit in Galizien fortsetzen, dass die Inoceramenschichten über dieselben transgrediren, dass wir endlich mehrere notorische Funde kennen, wo Inoceramenbruchstücke zusammen mit Nummuliten, also augenscheinlich auf secundärer Lagerstätte, sich vorfinden, so dürfen wir die Eventualität, dass die Inoceramen in der Gorlicer Gegend auch auf secundärer Lagerstätte vorkommen, nicht kategorisch verneinen.

24. M. E. GODLEWSKI (sen.) et F. POLZENIUSZ présente son travail: **O śródcząsteczkowym oddychaniu nasion pogrążonych w wodzie i tworzeniu się w nich alkoholu.** (*Ueber die intramoleculare Athmung von in Wasser gebrachten Samen und über die dabei stattfindende Alkoholbildung*). (*Sur la respiration des graines placées dans de l'eau et sur la production de l'alcool pendant la respiration*)¹⁾.

Literarische Uebersicht. Es ist längst bekannt, dass die verschiedensten Pflanzen und Pflanzentheile in einen sauerstofffreien Raum gebracht, dennoch fortfahren Kohlensäure zu bilden. Diesen Vorgang den man bekanntlich als intramoleculare Athmung bezeichnet, äussert sich bei verschiedenen Pflanzen nicht mit gleicher Stärke. Bei einigen ist die Menge der auf diese Weise entstehenden Kohlensäure ungemein gross, und ihre Bildung setzt sich lange Zeit fort, bei anderen ist sie sehr gering und hört binnen kurzem auf, indem die Pflanze in Ermangelung des Sauerstoffes bald zu Grunde geht.

Bei einer und derselben Pflanzenklasse findet man alle möglichen Abstufungen in der Befähigung verschiedener Arten zur intramolecularen Athmung. So findet man unter den Pilzen die höchste Ausbildung dieser Fähigkeit bei der Hefe, deren fermentative Thätigkeit eben als höchst entwickelte intramoleculare Athmung aufgefasst werden muss. Diese intramoleculare Athmung ist hier so stark, dass sie als hinreichende Energiequelle zur Entwicklung und Vermehrung der Hefezellen dienen kann. Auch noch einige Mucorineen wie *Mucor racemosus*²⁾ *M. spinosus*, *M. circineloides*³⁾, *Amylomyces Rouxi*⁴⁾ vermögen in einer glykosehaltigen Lösung durch fermentative Wirkung eine Energiemenge zu erwerben, welche eine mässige Entwicklung derselben ohne Sauerstoffzutritt zulässt, wenn auch die Gestalt der Zellen bei einer solchen Entwicklung bedeutend geändert wird.

¹⁾ Eine vorläufige Mittheilung über einige Resultate dieser Arbeit wurde im Juliheft 1897 dieses Bulletin veröffentlicht.

²⁾ Brefeld. Landwirthschaftliche Jahrbücher B. V.

³⁾ Gayon. Comptes rendus T. 86, S. 52.

⁴⁾ Calmette citiert bei Efront „Die Diastasen und ihre Rolle in der Praxis“

Aber schon die nächsten Verwandten dieser Pilze, *Mucor mucedo* und *M. stolonifer*, können zwar noch eine gewisse fermentative Wirkung in einer glykosehaltigen Lösung ausüben, dieselbe ist aber bei weitem schwächer und reicht nicht dazu aus, um den Pilz zu irgend welcher Entwicklung zu bringen. Auch hört das Wachstum dieser *Mucor*arten sofort auf, sobald der Sauerstoffzutritt ihnen entzogen wird¹⁾.

In allen oben genannten Fällen, sowohl bei dem Hefepilze wie bei den *Mucor*arten ist es erwiesen, dass die Kohlensäurebildung bei abgeschlossenem Luftzutritt auf der alkoholischen Gärung beruht, welche durch die bekannte Gleichung $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_6O + 2CO_2$ ausgedrückt wird.

Da nun Brefeld²⁾, Müntz³⁾, Elfving⁴⁾ und andere nachgewiesen haben, dass nicht nur *Mucor*ineen, sondern auch verschiedene andere Pilze gewisse Alkoholmengen producieren, wenn kräftig entwickelten und reichlich ernährten Culturen derselben der Sauerstoff entzogen wird, so ist kaum zu zweifeln, dass die Eigenschaft, alkoholische Gärung zu erregen, bei den Pilzen sehr verbreitet ist und nur in Bezug auf den Grad ihrer Entwicklung verschiedene Abstufungen erleidet. Da nun mit der Befähigung der Pilze, Alkohol zu bilden, auch ihre Fähigkeit, in sauerstofffreiem Medium Kohlensäure zu entwickeln, Hand in Hand geht, so liegt es nahe anzunehmen, dass die intramoleculare Athmung der meisten Pilze (nicht der Bacterien) mit der alkoholischen Gärung identisch ist.

Nun ist aber auch längst bekannt, dass die Fähigkeit, Kohlensäure ohne Luftzutritt auszuschleiden d. h. intramolecular zu athmen, nicht nur den Pilzen, sondern auch den höheren Pflanzen zukommt. Zwar ist kein Beispiel mit Sicherheit bekannt, dass irgend eine höhere Pflanze oder ein Pflanzenorgan ohne Sauerstoff sich zu entwickeln vermöge⁵⁾, doch ist die intramoleculare Athmung mancher höheren

¹⁾ Brefeld l. c.

²⁾ Brefeld l. c.

³⁾ Müntz „Recherches sur les fonctions des champignons. Agronomie, Chimie agricole et physiologie“ par Boussingault T. VI. 1878.

⁴⁾ Elfving „Studien über die Einwirkung des Lichtes auf die Pilze“ Helsingfors. 1890.

⁵⁾ Wieler fand, dass Keimpflanzen von *Heliantus annuus* eine Zeit lang in einer Atmosphäre, welche nur 0.0003 Volumenproc. Sauerstoff enthält, wachsen können. Unters. a. d. bot. Inst. zu Tübingen 1883. Pfeffer „Pflanzenphysiologie“ Leipzig 1897 I. S. 581.

Pflanzen so ausgiebig, dass dieselben in ein sauerstofffreies Medium gebracht, ebensoviel Kohlensäure producieren wie an der Luft¹⁾. In anderen Fällen ist wieder die Befähigung der Pflanze zur intramolecularen Athmung viel weniger entwickelt, so dass nicht nur im Falle eines gänzlichen Sauerstoffabschlusses, sondern auch bei erschwertem Luftzutritt die Kohlensäurebildung sofort sehr bedeutend herabgedrückt wird und manchmal auf ein ganz unbedeutendes Minimum sinkt.

Demnach finden wir, dass auch bei den höheren Pflanzen und bei Pflanzenorganen verschiedene Abstufungen in der Ausbildung der Befähigung zur intramolecularen Athmung zum Vorschein kommen.

Es fragt sich nun, ob auch die intramoleculare Athmung der höheren Pflanzen mit der alkoholischen Gährung identisch ist?

Es liegen in der Literatur eine Fülle von Beobachtungen und Versuchen vor, welche darthun, dass in verschiedenen Organen der höheren Pflanzen, wenn sie dem Sauerstoffzutritt entzogen werden, Alkohol gebildet wird.

Lechartier und Bellamy²⁾ waren die ersten, welche spontane Alkoholbildung in den Früchten beobachtet haben. Von den Versuchen dieser Gelehrten sind für uns diejenigen besonders wichtig, bei welchen gleichzeitig die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure und des gebildeten Alkohols bestimmt wurde. Es sind Versuche mit Birnen, welche in einem abgeschlossenen Raume monatelang gehalten wurden. Die Resultate dieser Versuche sind in folgender Tabelle zusammengestellt. In der letzten Colonne dieser Tabelle sind die Verhältnisse des gefundenen Alkohols zur entwickelten Kohlensäure angegeben. Diese Verhältnisse wurden aus den Zahlen der Colonne 5 und 6 vom Referenten berechnet.

Aus den Zahlen der letzten Colonne ist zu ersehen, dass mit der einzigen Ausnahme des Versuches 2 die Menge des in der Frucht gefundenen Alkohols, der Menge der von ihr ausgeschiedenen Kohlensäure nahe zu gleich war. Ein solches Verhältnis entspricht

¹⁾ Wortmann „Ueber die Bedeutung der intramolecularen Athmung“ Würzburg 1874. Chudiakow „Beiträge zur Kenntniss der intramolecularen Athmung“ Landwirth. Jahrbücher 1894.

²⁾ Lechartier und Bellamy. Comptes rendus hebdomadaires. T. 75, S. 784. T. 79, S. 949 und 1006.

N des Versuches	Dauer des Versuches in Tagen	Dauer der Kohlensäurebildung in Tagen	Menge der ausgeschiedenen CO ₂		Menge des gebildeten Alkohols in Gr.	Menge des Alkohols pro 100 d. ausgeschiedenen CO ₂
			in CC.	in Gr.		
1	149	72	1400	2.753	2.67	97.0
2	224	189	1448	2.926	1.828	62.1
3	225	173	2552	5.018	5.576	111.1
4	225	173	2424	4.766	4.464	93.7
5	236	169	1840	3.618	3.474	92.0

eben der alkoholischen Gährung, denn die bekannte Gleichung $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_6O + 2CO_2$ verlangt auf 100 Kohlensäure 104.5 Alkohol. Nur das Resultat des Versuches 2 bildet in dieser Beziehung eine Ausnahme, da hier die Menge des Alkohols bedeutend geringer gefunden wurde (62.1 Alkohol auf 100 Kohlensäure), als nach der Gleichung der alkoholischen Gährung zu erwarten war.

Jedenfalls ist aus den angeführten Analysen von Lechartier und Bellamy der Schluss zu ziehen, dass wenigstens der Regel nach die intramoleculare Athmung der Birnen in ihrem Chemismus mit der alkoholischen Gährung übereinstimmt.

Lechartier und Bellamy haben auch eine Reihe von Versuchen über die intramoleculare Athmung gewisser Samen (Gerste, Rosskastanien) ausgeführt. Diese Versuche haben das merkwürdige Ergebnis geliefert, dass diese Samen theilweise gequollen, monatelang ohne Sauerstoffzutritt Kohlensäure aushauchen und dabei ihre Keimfähigkeit nur sehr langsam verlieren.

Die Alkoholbildung bei der intramolecularen Athmung der höheren Pflanzen wurde auch von Brefeld an verschiedenen Objecten studiert¹⁾.

Derselbe fand, dass Gerste- und Weizensamen in ihrem ersten Keimungsstadium in eine sauerstofffreie Athmosphare gebracht, 5—6 Wochen lang Kohlensäure aushauchten, wobei sie eine Menge Alkohol, welche 2—3% ihrer Trockensubstanz betrug, gebildet haben. Die Erbsensamen sollen sogar nach Brefeld 3 Monate lang Kohlensäure entwickeln unter Bildung einer Alkoholmenge, welche 5% der Trockensubstanz der Samen erreicht.

¹⁾ Brefeld „Ueber Gährung“ Landwirth. Jahrbuch. B. V.

Auch die Blätter, die Blüten verschiedener Pflanzen, die verholzten Sprossstücke mancher Bäume, bildeten nach Brefeld in sauerstofffreier Atmosphäre Kohlensäure und Alkohol.

Müntz¹⁾ setzte Rebesprosse oder ganze Pflanzen von Rübe, Mais, Kohl, Cicorien, Nessel unter geräumige Glasglocken, wo er den Sauerstoff mit pyrogallussaurem Kali absorbierte. Nach 12 oder 24 Stunden wurden die Pflanzen beider Serien auf Alkohol untersucht. Es zeigte sich, dass in den Pflanzen der freien Luft kein Alkohol zu finden war, während diejenigen, welche unter den Glocken ohne Sauerstoff verweilt hatten, regelmässig eine gewisse Menge Alkohol enthielten.

Berthelot²⁾ fand geringe Mengen Alkohol in dem Weizen auch dann, wenn derselbe sich im Freien unter normalen Bedingungen entwickelte. Bei Verwendung einer grösseren Menge Pflanzenmasse erhielt er 10 Gr. Alkohol, den er als Aethylalkohol identifizierte. Derselbe war von Methylalkohol frei, dagegen mit höheren Alkoholen verunreinigt.

Devaux³⁾ fand beim Studium der Athmung der verholzten Sprossen, dass die innere Atmosphäre derselben, namentlich wenn die Sprosse einer höheren Temperatur ausgesetzt wurden, an Sauerstoff sehr arm war. Auch fand Devaux, dass bei gewöhnlicher Temperatur das Verhältnis $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ bei der Athmung solcher Sprosse nahe zu $= 1$ war, dass es aber bald > 1 wurde, sobald die Athmung bei einer Temperatur von etwa 35°C verlief.

Durch diese Beobachtungen angeregt, untersuchte Devaux Sprossstücke verschiedener Bäume (Alnus, Quercus, Aesculus, Prunus, Corylus, Salix) auf Alkohol und fand denselben überall. Besonders namhafte Mengen Alkohol fand Devaux bei Sprossstücken, welche zuvor einige Stunden im Thermostaten bei 35°C gehalten waren.

Mazé⁴⁾ beschreibt Versuche, von denen einige den von uns in der vorläufigen Mittheilung über die vorliegende Arbeit publicierten ähnlich sind. Er liess sterilisierte Erbsensamen in destilliertem Wasser

¹⁾ Müntz. Comptes rendus hebdomadaires. T. 86, 1878.

²⁾ Berthelot. Comptes rendus hebdomadaires. T. 128, 1899 S. 1867.

³⁾ Devaux. Comptes rendus hebdomadaires. T. 128. 1899.

⁴⁾ Mazé. Comptes rendus hebdomadaires. T. 128, 1899, S. 1608.

liegen und bestimmte dann in diesem Wasser den von den Samen gebildeten Alkohol. Die Menge des gefundenen Alkohols betrug etwa 6·5% der ursprünglichen Trockensubstanz der Samen, wobei dieselben etwa 27% an Trockensubstanz verloren hatten.

Auch experimentierte Mazé mit bereits gekeimten Samen. 20 siebentägige Erbsenkeimlinge, deren Stengelchen bereits 2—3 Cent. lang waren, wurden mit sterilisiertem Wasser übergossen. Sobald die Pflänzchen vom Wasser überdeckt waren, hörte ihre Entwicklung sofort auf und nach 5 Tagen enthielt das Wasser 0·13 Gr. Alkohol.

In einem anderen ähnlichen Versuche wurde auf die Keimlinge weniger Wasser gegossen, so dass nur ihre Samenlappen, Wurzeln und untere Stengeltheile ins Wasser tauchten, während die Stengelspitzen in die Luft ragten. Jetzt entwickelten sich die Sprösschen weiter zum Beweis, dass die diastatischen Prozesse auch ohne Sauerstoffzutritt in dem Samen vor sich gehen können.

Endlich fand auch Mazé in Uebereinstimmung mit Berthelot, dass auch in normal, in freier Luft, vegetierenden Pflanzen oft Alkohol enthalten ist. So fand er z. B. in 35 Gr. Rebeblättern 50—100 mgr. Alkohol.

Fragestellung und Methode. Aus dieser kurzen Literaturübersicht ist zu ersehen, dass man sich bei dem Studium der intramolecularen Athmung damit begnügte, einerseits den Verlauf der intramolecularen Athmung unter Luftabschluss bei verschiedenen Pflanzen und unter verschiedenen Bedingungen zu studieren, andererseits die Alkoholbildung daselbst zu constatieren. Wenn auch vielfach der gebildete Alkohol quantitativ bestimmt wurde, so waren diese Bestimmungen nur bei den oben besprochenen Versuchen von Lechartier und Bellamy mit gleichzeitiger Bestimmung der gebildeten Kohlensäure verbunden. Und doch ist eben die Feststellung des Verhältnisses zwischen dem gebildeten Alkohol und der entwickelten Kohlensäure für die Erforschung des Chemismus der intramolecularen Athmung von allergrösster Wichtigkeit, denn nur dadurch kann entschieden werden, ob der Alkohol neben Kohlensäure das Haupt- oder nur ein Nebenproduct der intramolecularen Athmung bildet. Die Unsicherheit in dieser Beziehung bildet eine empfindliche Lücke unseres physiologischen Wissens, bei welcher alle Hypothesen über den Zusammenhang zwischen der normalen und intramolecularen Athmung keinen festen Grund haben können.

Diese Lücke wenigstens theilweise auszufüllen, wurde bei der vorliegenden Arbeit bezweckt.

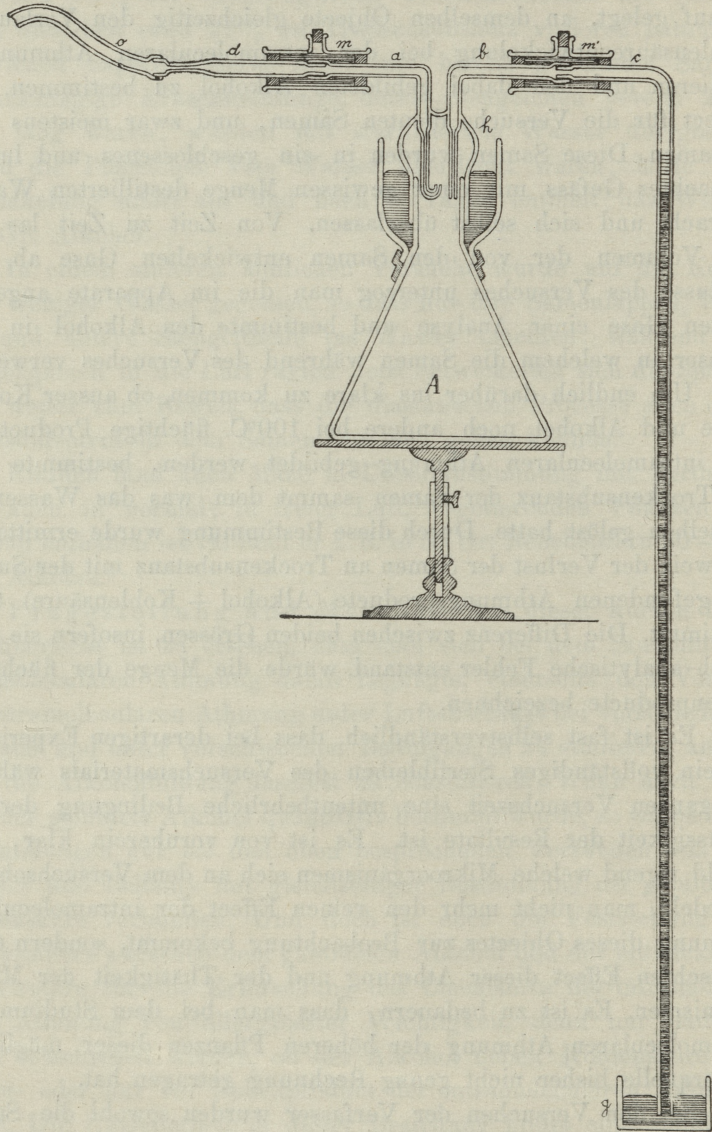
Die Verfasser haben bei ihren Studien das Hauptgewicht darauf gelegt, an demselben Objecte gleichzeitig den Verlauf der Kohlensäureentwicklung bei der intramolecularen Athmung zu studieren und den dabei gebildeten Alkohol zu bestimmen. Als Object für die Versuche dienten Samen, und zwar meistens Erbsensamen. Diese Samen wurden in ein geschlossenes und luftleer gemachtes Gefäss mit einer gewissen Menge destillierten Wassers gebracht und sich selbst überlassen. Von Zeit zu Zeit las man das Volumen der von den Samen entwickelten Gase ab. Am Schlusse des Versuches unterzog man die im Apparate angesammelten Gase einer Analyse und bestimmte den Alkohol in dem Wasser, in welchem die Samen während des Versuches verweilten.

Um endlich darüber ins klare zu kommen, ob ausser Kohlen-säure und Alkohol noch andere bei 100°C. flüchtige Producte bei der intramolecularen Athmung gebildet werden, bestimmte man die Trockensubstanz der Samen sammt dem, was das Wasser aus denselben gelöst hatte. Durch diese Bestimmung wurde ermittelt, in wie weit der Verlust der Samen an Trockensubstanz mit der Summe der gefundenen Athmungsproducte (Alkohol + Kohlensäure) übereinstimmt. Die Differenz zwischen beiden Grössen, insofern sie nicht durch analytische Fehler entstand, würde die Menge der flüchtigen Nebenproducte bezeichnen.

Es ist fast selbstverständlich, dass bei derartigen Experimenten ein vollständiges Sterilbleiben des Versuchsmaterials während der ganzen Versuchszeit eine untentbehrliche Bedingung der Zuverlässigkeit der Resultate ist. Es ist von vornherein klar, dass, sobald irgend welche Mikroorganismen sich an dem Versuchsobjecte ansiedeln, man nicht mehr den reinen Effect der intramolecularen Athmung dieses Objectes zur Beobachtung bekommt, sondern einen gemischten Effect dieser Athmung und der Thätigkeit der Mikroorganismen. Es ist zu bedauern, dass man bei dem Studium der intramolecularen Athmung der höheren Pflanzen dieser möglichen Fehlerquelle bisher nicht genug Rechnung getragen hat.

Bei den Versuchen der Verfasser wurden sowohl die Samen als die Apparate auf das sorgfältigste sterilisiert. Ob die Versuchsobjecte wirklich steril geblieben sind, lies sich nach dem Klarbleiben oder Trübwerden des Wasser, in welchem die Samen sich

befanden, beurtheilen. Manchmal wurde noch nach Beendigung des Versuches das Sterilbleiben des Materials durch Impfung der Nähr-



gelatine mit demselben besonders kontrolliert. Bei der Zusammenstellung der Versuchsergebnisse wurden nur diejenigen Versuche berücksichtigt, bei welchen das Material bis zum Schlusse des Ver-

suches steril geblieben ist, dagegen wurden diejenigen, bei denen eine zufällige Impfung eintrat, und das Wasser irgend welche Trübung zeigte, als misslungen verworfen.

Als Versuchsgefäße wurden bei den vorliegenden Untersuchungen dieselben Apparate verwendet, deren sich einer der Autoren bei seinen Nitrificationsversuchen bedient hat¹⁾. Den Haupttheil des Apparates bildet ein conischer Kolben *A* aus dickem Glase, welcher von einem aufgeschliffenen Helm *h* geschlossen wird. Dieser Helm ist oben mit zwei eingeschliffenen und unter einem rechten Winkel gebogenen Röhren *a* und *b* versehen. In diese Röhren können zwei eingeschliffene Ansatzröhren *d* und *c* eingesetzt werden. Der absteigende Schenkel der unter rechtem Winkel gebogenen Ansatzröhre *c*, welche mit *b* verbunden wird, ist mit einer Millimeterscala versehen. Auf diese Weise giebt es an dem Apparate, wenn derselbe zusammengestellt ist, drei Schlißschlüsse: zwischen dem Halse des Kolbens und dem Helme, zwischen den Röhren *a* und *d* und zwischen den Röhren *b* und *c*. Alle diese Schliße werden mit Quecksilber gedichtet. Zur Aufnahme des Quecksilbers am Halse des Kolbens dient ein Glaskragen, welcher mittelst eines Kautschukringes an den Kolben befestigt wird. Zur Aufnahme des Quecksilbers für die Dichtung der Verbindungsschliße der Röhren dienen kleine Glasmuffeln *m* und *m'*, welche über die Schliße geschoben werden. Diese Muffeln sind an beiden Enden mit durchbohrten, auf die zu verbindenden Röhren aufgesetzten Korken geschlossen. Seitlich ist jede dieser Muffeln mit einer Oeffnung zum Ein- und Ausgießen des Quecksilbers versehen.

Will man am Schlusse des Versuches die Röhren auseinandernehmen, um den Apparat zu öffnen, so braucht man nur die Muffeln zu drehen, bis ihre seitliche Oeffnung nach unten zu liegen kommt, dann fließt das Quecksilber von selbst aus den Muffeln heraus. Um die Bestimmungen der Volumina des sich im Apparate ansammelnden Gases zu ermöglichen, musste zunächst der Volumeninhalt des Apparates ein für allemal bestimmt werden. Dies geschah durch Wiegung des leeren Apparates sammt dem Helme und dann des mit destillirtem Wasser gefüllten. Die Differenz zwischen diesen beiden Gewichten mit entsprechender Correctur

¹⁾ Godlewski „O nitryfikacyi amoniaku etc.“ Rozprawy Akad. Um. T. XXX, 1896.

für die Temperatur des Wassers giebt das innere Volumen des Apparates an. Der Volumeninhalt der Zuschussröhre *a* und *b* wurde mit Quecksilber bestimmt, auch die Millimeterscala an der Röhre *c* wurde mit Quecksilber calibriert.

Die Apparate, welche nach den Angaben des Referenten von der Firma Müller früher Geisler in Bonn hergestellt wurden, haben eine dreifache Grösse: ungefähr 900, 500, und 350 c. c. Volumeninhalt.

Der Gang des Versuches war folgender: man goss in den Kolben *A* meistens 100 c. c., selten 150 c. c. destillierten Wassers, stülpte den Helm, dessen Röhren mit Wattepfropfen geschlossen wurden, darüber und sterilisierte das Ganze im Autoclaven. Nach dem Erkalten (im Autoclaven selbst) öffnete man den Kolben, warf möglichst schnell die zuvor mit 1‰ Sublimatlösung sterilisierten Samen in denselben hinein, schloss ihn wieder mit dem Helme und setzte nach Entfernung der Wattepfropfen von den Röhren *a* und *b* dieselben mit den Ansatzröhren *d* und *c* in Verbindung. Die Röhre *d* wurde vorher etwas ausgezogen, damit sie bei endgültiger Schliessung des Apparates leichter abzuschmelzen wäre, die beiden Ansatzröhren wurden an der Flamme sterilisiert. Nach der Anbringung der Ansatzröhren wurden alle drei Schliffröhren mit Quecksilber gedichtet und das Ende der Röhre *c* (nach Entfernung des sie schliessenden Wattepfropfens) in eine kleine Glasschale *g* mit Quecksilber getaucht. Jetzt schritt man zur Evacuation des Apparates. Zu diesem Zwecke wurde die Röhre *d* mittelst einer Mischung von Lack und Terpenthin mit der Bleiröhre *o*, welche zu einer guten Sprengel'schen Quecksilberluftpumpe führte, luftdicht verbunden.

Jetzt setzte man die Pumpe in Bewegung und liess sie so lange wirken, bis die Höhe des Quecksilbers in der Röhre *c* und im Manometer der Pumpe nur noch um die der derzeitigen Temperatur entsprechende Tension des Wasserdampfes vom Barometerstande differierte. Da während des Pumpens Luftblasen eine Zeit lang beständig aus den Samen entwichen, so dauerte die Evacuierung des Apparates ziemlich lange, gewöhnlich etwa 2 Stunden. Nach beendigter Evacuation schmolz man die Röhre *d* an der ausgezogenen Stelle ab, wodurch der endgültige Abschluss des Kolbeninhalts nach aussen bewerkstelligt wurde.

Jetzt machte es schon keine grosse Mühe, den Gang der Kohlensäurebildung bei der intramolecularen Athmung der im luftleeren Raum des Apparates eingeschperrten Samen quantitativ zu beobachten. Es ist klar, dass die aus den Samen entweichende Kohlensäure zunächst in das umgebende Wasser und dann aus demselben in den luftleeren Raum diffundieren musste, was natürlich das Sinken des Quecksilbers in der Steigröhre *c* zur Folge hatte. Man brauchte also nur die Höhe der Quecksilbersäule in der Röhre *c*, den Barometerstand und die Zimmertemperatur von Zeit zu Zeit abzulesen, um danach das jederzeitige Volumen des Gases im Apparate zu berechnen. Gewöhnlich hat man die Ablesungen täglich, manchmal nur alle paar Tage gemacht.

Wenn das Gasvolumen im Apparate sich nur wenig vergrösserte, oder wenn man den Versuch aus irgend einem anderen Grunde abschliessen wollte, schritt man zur Analyse des im Apparate angesammelten Gases.

Um eine Probe dieses Gases für die Analyse zu entnehmen, setzte man das zugeschmolzene Ende der Röhre *d* mit der Bleiröhre der oben erwähnten Luftpumpe in Verbindung, liess die Pumpe spielen, und wenn das Quecksilber im Manometer der Pumpe auf die Höhe des Barometerstandes gestiegen war, und das charakteristische Geräusch des fallenden Quecksilbers das Vacuum in der Pumpe anzeigte, setzte man ein mit Quecksilber gefülltes Eudiometer auf den Auslauf der Pumpe auf, brach mit einer Zange die abgeschmolzene Spitze der Röhre *d* ab, und liess durch weiteres Pumpen eine gewisse Quantität Gas aus dem Apparate in das Eudiometer steigen. Der Sicherheit halber hat man immer wenigstens zwei Gasproben aus dem Apparate entnommen und analysiert.

Durch diese Analysen stellte sich nahezu in allen Fällen das Ergebnis heraus, dass, wenn nur die Flüssigkeit im Apparate klar d. h. steril blieb, das angesammelte Gas im Eudiometer bis auf eine kleine Gasblase durch Kalilauge absorbiert wurde, woraus folgt, dass das von den Samen entwickelte Gas reine Kohlensäure war. Bei diesem Sachverhalte darf man annehmen, dass die während des Versuches abgelesenen Gasvolumina den Gang der Entwicklung der gasförmigen Kohlensäure bei der intramolecularen Athmung der im Apparate eingeschperrten Samen zeigen. Aber die in gasförmigem Zustande im Apparate angesammelte Kohlensäure stellt noch nicht die ganze Menge der von den Samen gebildeten Kohlensäure dar.

Ein Theil dieses Gases muss ja im Wasser, in welchem die Samen liegen, gelöst bleiben. Um also den wirklichen Gang der intramolecularen Athmung der eingesperreten Samen kennen zu lernen, muss man den abgelesenen Gasvolumina die entsprechenden Mengen der im Wasser gelösten Kohlensäure hinzufügen. Die Menge der gelösten Kohlensäure braucht natürlich nicht erst analytisch bestimmt zu werden, sie kann leicht nach der Formel $a = \frac{\alpha v b}{0.76}$ be-

rechnet werden. In dieser Formel bedeutet a die gesuchte Menge der gelösten Kohlensäure, α den Absorbtionscoefficienten des Wassers für Kohlensäure bei der betreffenden Temperatur, v das Volumen des Wassers im Apparate und b den Druck, unter welchem die Kohlensäure im Apparate steht.

Für die Alkoholbestimmung pipettierte man nach Oeffnung des Apparates eine bestimmte Menge Wasser, in welchem die Samen während des Versuches verweilten, ab und destillierte von ihr eine bestimmte Menge der alkoholhaltigen Flüssigkeit ab. Aus dem specifischen Gewichte des erhaltenen Destillates wurde die Menge des von den Samen gebildeten Alkohols berechnet. Das specifische Gewicht des Destillates wurde mit grösster Sorgfalt mit einem Piknometer unter Berücksichtigung der Temperatur bestimmt.

Sollte nach dem Versuche die Trockensubstanz der betreffenden Samen bestimmt werden, so wurden die Samen in einer Reibschale zerkleinert, von letzterer in eine kleine Porzellanschale unter Abspritzung mit Wasser quantitativ übergeführt, der Rest des Wassers aus dem Apparate sowie der Rückstand von der Bestimmung des Alkohols hinzugefügt, alles abgedampft, getrocknet und gewogen.

Wie erwähnt, wurden diese Trockensubstanzbestimmungen der Samen nach dem Versuche zu dem Zweck vorgenommen, um zu ermitteln, in wie weit der Trockensubstanzverlust der Samen mit der Menge der gefundenen Producte der intramolecularen Athmung (Alkohol + Kohlensäure) übereinstimmt. Damit aber ein solcher Vergleich ergeben könnte, ob neben Kohlensäure und Alkohol noch andere flüchtige Producte sich bei der intramolecularen Athmung der Samen bilden, war es nothwendig, an den Zahlen des unmittelbar gefundenen Trockensubstanzverlustes noch eine gewisse Correctur anzubringen. Wie zu hoffen war, und wie unser Versuch XIV

beweist, erfolgt die Bildung des Alkohols und der Kohlensäure in den Samen auf Kosten der Reservestärke. Daneben ist aber unmöglich anzunehmen, dass die Stärke eine directe Spaltung in Alkohol und Kohlensäure erleidet, vielmehr muss angenommen werden, dass dieselbe zuvor zu Glykose hydrolysiert wird und erst diese Glykose zur Bildung von Alkohol verwendet wird. Will man bei einer solchen Annahme die Menge der gebildeten $\text{CO}_2 + \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ mit dem Trockensubstanzverluste des zur Bildung dieser Producte verbrauchten Materials vergleichen, so muss man zu diesem Material nicht nur die verbrauchte Stärkemenge, sondern auch das von dieser Stärke bei ihrer Hydrolyse aufgenommene Wasser rechnen. Somit ist es angezeigt, dem gefundenen Trockensubstanzverluste der Samen, welcher die Menge der verbrauchten Stärke anzeigt, noch die Menge des Hydrolysewassers hinzuzufügen. Nimmt man an, dass die Hydrolyse der bei der intramolecularen Athmung verbrauchten Stärke nach der Gleichung $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ erfolgt, so muss man die für den Trockensubstanzverlust gefundene Zahl um 10% vergrössern. Erst die auf diese Weise corrigierten Zahlen sind mit den gefundenen Mengen der gebildeten $\text{CO}_2 + \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ zu vergleichen.

Im Versuche XIV wurde anstatt der Trockensubstanz der Samen die Menge der in denselben übriggebliebenen Kohlenhydrate nach Verzuckerung derselben mit Fehling'scher Lösung bestimmt, um dadurch festzustellen, ob die intramoleculare Athmung sich wirklich auf Kosten der Kohlenhydrate vollzieht.

In einem anderen Versuche wurden wieder die Samen nach dem Versuche auf verschiedene Formen ihrer Stickstoffverbindungen untersucht, um dadurch zu ermitteln, in wie weit die intramoleculare Athmung mit gewissen Umwandlungen der Proteinstoffe verbunden ist.

Meistens befanden sich die Samen während der Versuchszeit in destilliertem Wasser, um aber zu entscheiden, in wie weit ein von aussen geliefertes Nährstoffmaterial ohne Luftzutritt von den Samen aufgenommen und zur intramolecularen Athmung verbraucht werden kann, wurden die Samen in einigen Versuchen anstatt in reines Wasser in eine Dextrose- oder Rohrzuckerlösung gebracht. Einmal liess man wieder die Samen in einer 1% Kalisalpeterlösung verweilen, um zu erfahren, ob der Salpeter durch die Thätigkeit der Samen reducirt werden kann.

Zahlenresultate.

Es wurden im Ganzen zwanzig gelungene Versuche ausgeführt, die übrigen, bei denen die Sterilisation misslang, und in der Versuchsflüssigkeit Bacterien sich entwickelt haben, sind als misslungen in das Verzeichnis nicht aufgenommen worden.

Die wichtigsten Zahlenresultate dieser Versuche sind in folgenden zwei Tabellen zusammengestellt. In der Tabelle I sind die Resultate der endgültigen Analysen zusammengestellt. Tabelle II soll den Gang der Kohlensäurebildung und die Intensität der intramolecularen Athmung bei verschiedenen Samen und bei verschiedener Temperatur veranschaulichen. In dieser Tabelle II sind die Kohlensäuremengen in C. c., welche von 1 gr. Samen in 24 Stunden gebildet wurden, angegeben.

(Siehe S. 241 und 242).

Chemismus der intramolecularen Athmung. Aus den Zahlen, welche in der Tabelle I zusammengestellt sind, ist zunächst das wichtige Ergebnis zu betonen, dass der Alkohol nicht ein Nebenproduct sondern neben der Kohlensäure das Hauptproduct der intramolecularen Athmung der Samen bildet. Mit wenigen Ausnahmen ist die Menge des gebildeten Alkohols derjenigen der ausgeschiedenen Kohlensäure nahezu gleich. Das ist aber ein Verhältnis, welches der bekannten Gleichung der alkoholischen Gährung fast genau entspricht. Denn die Gleichung $C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_6O + 2CO_2$, verlangt auf 100 gr. Kohlensäure 104.5 Alkohol, während die Zahlen der Colonne 12, welche dieses Verhältnis angeben, meistens (in 7 Fällen auf 11 Versuche) zwischen 97.5—109.6 schwanken. In einem Falle (Versuch XIII) wurde auf 100 Kohlensäure 113.5 Alkohol gefunden, in drei Fällen (Versuch IX, XI und XIV) fand man weniger Alkohol als die Gährungsgleichung verlangt, denn auf 100 Kohlensäure nur 76—79.2 Alkohol. Es sind alles Fälle, wo die absoluten Zahlen ziemlich gering sind, wo also jeder analytische Fehler schwerer ins Gewicht fällt. Dabei ist noch zu berücksichtigen, dass bei dem Versuche XI, wo auf 100 Kohlensäure nur 76 gr. Alkohol gefunden wurde, die Samen in Salpeterlösung verweilten, und dass, da ein Theil dieses Salpeters reducirt wurde, es nicht unmöglich ist, dass der sich bildende Alkohol theilweise irgend eine Oxydation erfahren hat und infolge dessen in geringerer Menge in der Flüssigkeit sich vorfand. Sehen wir von diesen wenigen Ausnahmen ab, so ergibt sich aus den Zahlen der Colonne 12,

Tabelle I.

1	Nr. des Versuches	2	Samen, mit welchem experimentiert wurde	3	Eigenschaften, in welcher die Samen während des Versuches verweilten	4	Gewicht der Samen in Gr.	5	Dauer des Versuches in Tagen	6	Die Menge der ausgehenden Kohlenhydrate in Gr.	7	Die Menge des gebildeten Alkohols in Gr.	8	Summe der ausgehenden Kohlenhydrate und des gebildeten Alkohols in Gr.	9	Verlust der Samen an Trockensubstanz, corrigiert durch Zurechnung des Hydrolysewassers in Gr.	10		11	12	13		14
																		in Gr.	in %			C ₂ H ₆ O	CO ₂	
I		Erbse		Wasser		7.224	17	0.6733	0.7137	1.387	1.6594	-0.2720	106.4	11.1	10.5									
II		"		"		7.464	21	0.7663	0.8400	1.6063	—	—	109.6	12.6	11.5									
III		"		"		6.705	45	1.3587	1.3690	2.7277	2.7854	-0.0577	100.7	22.7	22.7									
IV		"		"		3.072	42	0.6192	0.6210	1.2385	1.2828	-0.0443	100.3	22.7	22.7									
V		"		2% Dextroselösung		3.292	32	0.6840	0.6741	1.3581	1.3429	+0.0152	101.2	23.0	25.0									
VI		"		20% Rohrzuckerlös.		3.007	45	0.7637	0.7735	1.5372	—	—	97.5	16.8	17.7									
VII		"		"		2.911	14	0.4578	0.4459	0.9037	—	—	—	—	—									
VIII		"		Wasser		3.3038	7	0.2261	—	—	—	—	—	—	—									
IX		"		20% Dextroselösung		3.527	26	0.6000	0.4632	1.0632	—	—	77.3	14.9	19.3									
X		"		20% Rohrzuckerlös.		3.144	20	0.6274	—	—	—	—	—	—	22.6									
XI		"		10% Sulfiterlösung		4.4985	12	0.2600	0.1695	0.4295	—	—	76.0	4.3	6.5									
XII		"		Wasser		3.6848	34	0.5661	—	—	—	—	—	—	17.4									
XIII		"		"		3.5215	31	0.4541	0.5154	0.9695	0.9445	-0.0245	113.5	16.5	14.6									
XIV		"		"		3.799	49	0.5233	0.4158	0.9391	1.0130 ¹⁾	+0.0774	79.2	12.5	15.7									
XV		"	Pferdebohne	"		4.815	45	0.5184	—	—	—	—	—	—	12.0									
XVI		"	Gerste	"		3.11	59	0.1107	—	—	—	—	—	—	4.0									
XVII		"	"	"		5.500	63	0.3103	—	—	—	—	—	—	6.4									
XVIII		"	"	"		3.266	24	0.1118	—	—	—	—	—	—	3.7									
XIX		"	Ricinus	"		3.227	47	0.0160	—	—	—	—	—	—	0.57									
XX		"	"	"		1.72	52	0.0176	—	—	—	—	—	—	1.4									

1) Verlust an Kohlenhydraten nicht an Trockensubstanz.

Tabelle II.

Kohlensäuremengen in c. c., welche von 1 Gr. Samen in 24 Stunden ausgeschieden wurden.

	Erbsen			Pferdebohne			Gerste		Rohms										
	IV Wasser	V Dextrose.	VI Rohrzuck.	XII Wasser	XI 0.5% Sal- peter- lösung	XV Wasser	XVI Wasser	XVIII Wasser	XIX Dextro- lösung										
1-te	18.9	2.78	3.31	3.02	24.5	6.79	5.76	25.7	5.64	24.5	4.88	25.2	3.50	19.9	0.80	16.9	0.125	20.7	0.70
2-te	17.5	4.16	5.57	4.57	23.9	5.77	6.16	24.2	5.64	23.7	3.01	26.0	2.93	19.9	0.80	20.2	0.077	23.0	0.05
3-te	17.4	3.67	3.85	3.94	24.9	5.22	5.03	22.3	3.34	23.3	1.32	24.3	2.47			17.0	0.081	18.5	0.13
4-te	17.7	4.05	3.99	4.02	25.8	4.15	4.57	22.8	3.05	24.7	1.14	22.5	2.16						
5-te	18.2	3.93	3.89	4.43	26.8	3.23	6.97	23.7	2.90			22.3	1.87	19.0	0.26	10	0.036	15.6	0.12
6-te	19.5	3.17	3.01	3.83	24.8	1.71	4.51	23.0	2.32			23.6	1.85						
7-te	20.6	3.14	3.04	3.98	22.5	1.23	1.38	19.3	1.18			22.4	0.62			18.0	0.036	18.4	0.06
8-te	21.7	3.05	3.07	3.55	22.3	0.43		19.1	0.78			19.8	0.32			19.2	0.021	17.7	0.16
9-te	21.8	2.82	2.43	2.33	23.6	0.70		18.0	0.39			19.3	0.22			17.1	0.032		
0-te	21.8	2.75	3.02	2.43				17.5	0.31			18.0	0.12						
11-te	22.3	1.38	2.08	2.01								19.1	0.05	17.8	0.45				
12-te	24.7	1.35	2.07	2.07								18.0	0.14	17.4	0.25				
13-te	21.3	0.51		1.15								16.8	0.07	17.4	0.11				
14-te	20.4	0.04		0.89								18.7		16.2	0.11				
15-te														18.4	0.12				
16-te																			
17-te																			
18-te																			
19-te														17.7	0.18				

3 Tegen

dass die intramoleculare Athmung der Erbsensamen insofern mit der alkoholischen Gährung übereinstimmt, als sie wie diese der Hauptsache nach auf einer Spaltung der Glykose in Alkohol und Kohlensäure beruht.

Es wäre noch zu untersuchen, ob und in welcher Menge sich bei dieser Spaltung ausser Kohlensäure und Alkohol noch andere Nebenproducte bilden? Auf diese Frage geben die vorliegenden Versuche keine bestimmte Antwort. Bei der alkoholischen Hefegährung bilden sich bekanntlich als Nebenproducte regelmässig Glycerin und Bernsteinsäure; ob dieselben auch bei der intramolecularen Athmung der höheren Pflanzen, z. B. der Erbsensamen gebildet werden, bleibt unbekannt. Die Untersuchung ist hier insofern schwer, als sie eine grössere Quantität Material verlangt, und es keine leichte Aufgabe ist, eine grössere Menge Erbsensamen in sterilem Zustande längere Zeit zu erhalten. In Bezug auf die Bildung der Nebenproducte bei der intramolecularen Athmung der Erbsensamen gestatten die vorliegenden Versuche nur den Schluss, dass die Menge derselben im allgemeinen und die der flüchtigen Producte im besonderen keine grosse ist. Dass die Menge der flüchtigen Nebenproducte eine nur geringe sein kann, beweisen die verhältnissmässig sehr kleinen Differenzen zwischen den Zahlen der Colonne 8 und 9, d. h. zwischen der Summe der gefundenen Hauptproducte ($\text{CO}_2 + \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) und dem Verluste an Trockensubstanz der Samen. Nur die Zahlen des Versuches I bilden hier eine Ausnahme. — Wenn wir von dieser einzigen Ausnahme absehen, so differieren die Zahlen der Colonne 8 und 9 höchstens um 3.4%, und die bezüglichen Differenzen (Colonne 11) schwanken nur zwischen + 2.5 und 3.4%. Die Versuche zeigten also, dass der gefundene Trockensubstanzverlust um ein Geringes bald grosses bald kleiner war als die Summe der gefundenen Hauptproducte der intramolecularen Athmung. Dieses Ergebnis kann eher in den unumgänglichen analytischen Fehlern, als in der Bildung von flüchtigen Nebenproducten der intramolecularen Athmung seinen Grund haben.

Aber auch die ganze Menge der Nebenproducte dieser Athmung, mögen sie flüchtig sein oder nicht, kann nicht gross sein. In dem Versuche XIV wurde nämlich nicht der Trockensubstanzverlust, sondern die Abnahme der Kohlenhydrate in den Samen bestimmt. Die ursprünglichen Samen enthielten nach einer Analyse mit Fehling'scher Lösung 42.48% Kohlenhydrate. Demnach enthielten

die 3.799 Gr. Erbsensamen, welche bei dem Versuche XIV verwendet wurden, 1.6275 Gr. Kohlenhydrate. Nach dem Versuche fand man aber nur 0.7146 Gr., der Verlust an Kohlenhydraten während des Versuches betrug also 0.9129 Gr. Die Hydrolyse einer solchen Stärkemenge beansprucht 0.092 Gr. Wasser. Die Menge der Glykose, welche aus 0.9129 Gr. Stärke entstand und bei der intramolecularen Athmung der Erbsensamen während des Versuches verbraucht wurde, berechnet sich also auf 1.031 Gr. Die Summe des gebildeten Alkohols und Kohlensäure betrug aber 0.9356 Gr., folglich konnten die Nebenproducte der intramolecularen Athmung nicht mehr als 0.0774 Gr., also nur 8.2% der verbrauchten Glykosemenge ausmachen.

Dass der Alkohol, welcher sich bei der intramolecularen Athmung der höheren Pflanzen bildet, ziemlich fuselhaltig ist, wurde schon von Brefeld angegeben, die Verfasser können diese Angabe nur bestätigen. Dieser Fuselgehalt des Alkohols kann die Genauigkeit der Alkoholbestimmungen etwas beeinträchtigen, da ja die höheren Alkohole specifisch schwerer sind als Aethylalkohol, ihre Anwesenheit muss also das sp. G. des Destillates etwas vergrößern, wodurch die Menge des Alkohols etwas zu klein gefunden werden kann.

Die Versuche V, VI, VII, IX, X, in welchen die Samen in Dextrose- oder Rohrzuckerlösung sich befanden, waren darauf gerichtet, zu beantworten, ob die Erbsensamen auch darin mit dem Hefepilze übereinstimmen, dass sie den ihnen von aussen zugeführten Zucker vergähren können. Die Antwort auf diese Frage ist bejahend ausgefallen. Schon der Gang der Kohlensäurebildung wies darauf hin, dass die Dextrose wie auch der Rohrzucker der Lösung, in welcher die Samen während des Versuches verweilten, keineswegs gleichgültig für ihre intramoleculare Athmung war. Die Versuche IV, V und VI wurden gleichzeitig angestellt und differierten nur dadurch, dass bei IV die Samen in destillirtem Wasser bei V in 2% Dextroselösung und bei VI in 2% Rohrzuckerlösung verweilten. Nun zeigen die Zahlen der Tabelle II, dass namentlich während der ersten Woche des Versuches die Samen in der Dextroselösung mehr Kohlensäure entwickelten, als die im destillirten Wasser. Ausserdem dauerte die Kohlensäureentwicklung bei den Samen in Dextrose wie in Rohrzuckerlösung etwas länger, als bei denen im Wasser (vergleiche 11., 12., 13., 14. 3 Tagen). Die Begünstigung der intramolecularen Athmung der Erbsensamen durch die Rohrzuckerlösung

äusserte sich etwas anders als die durch Dextroselösung hervorgerufene. Nicht in der ersten, sondern erst in der dritten Woche des Versuches äusserte sich dieser günstige Einfluss am deutlichsten (vergleiche 5., 6., 7. und 8. 3 Tagen, Versuch VI, 4., 5., 6. 3 Tagen Versuch X). Die Ursache dieser Verschiedenheit der Wirkung des Rohrzuckers und der Dextrose ist nicht schwer zu begreifen, sie liegt einfach darin, dass ebenso wie durch den Hefepilz auch durch die Erbsensamen die Dextrose direct und der Rohrzucker erst nach seiner Inversion vergohren wird. Dass der Rohrzucker durch die in seiner Lösung liegenden Erbsensamen invertiert wurde, davon haben sich die Verfasser durch directe Analyse dieser Lösung nach dem Versuche überzeugt. Die Lösung aus dem Versuche XI enthielt nach 45-tägigem Verweilen von 10 Erbsensamen in ihr keinen Rohrzucker mehr. Die Menge des reducierten Kupfers durch eine bestimmte Quantität dieser Lösung war dieselbe, gleichviel ob die Lösung direct, oder nach dem Kochen mit verdünnter Salzsäure mit Fehling'scher Lösung gekocht wurde. Die Lösung aus dem Versuche VI, welcher nur 15 Tage dauerte, enthielt nach dem Versuche nur 0.347 Gr. Rohrzucker, dagegen 1.427 Gr. Invertzucker. Da aber die ursprüngliche Lösung 1.9855 Gr. Rohrzucker enthielt, so blieb nach 14-tägigem Verweilen von 10 Erbsensamen in der Lösung kaum 17% des ursprünglichen Rohrzuckers in unverändertem Zustande, der übrige wurde durch die Erbsensamen invertiert.

Dass die Glykose als solche gegeben, oder durch die Inversion des Rohrzuckers unter dem Einflusse der Erbsensamen entstanden, durch dieselben wirklich vergohren wurde, folgt nicht nur aus der oben besprochenen Begünstigung der intramolecularen Athmung der Samen, sondern auch daraus, dass die Abnahme der Glykosen in der Lösung nach dem Versuche durch quantitative Bestimmungen wirklich constatirt wurde. So ergaben die Bestimmungen:

Versuch V. Vor dem Versuche Dextrose	1.9175 Gr.
Nach " " "	1.5882 "
Abnahme der Dextrose	0.3264 Gr.
Versuch VI. Vor dem Versuche Rohrzucker: 1.8753 Gr.	
entsprechen Invertzucker	1.974 Gr.
Nach dem Versuche: Rohrzucker 0.0000 Gr.	
entsprechen Invertzucker	0.000 "
Invertzucker	1.578 "
Abnahme des Invertzuckers	0.396 Gr.

Versuch VII. Vor dem Versuche: Rohrzucker 1.9855 Gr.	
entsprechen Invertzucker	2.090 Gr.
Nach dem Versuche: Rohrzucker 0.3470 Gr.	
entsprechen Invertzucker	0.466 „
Invertzucker	1.427 „
Abnahme des Invertzuckers	0.297 „

Diese Bestimmungen zeigen, dass im Versuche V 0.3246 Gr. Dextrose, im Versuche VI 0.396 Gr. und im Versuche VII 0.297 Gr. des aus Rohrzucker gebildeten Invertzuckers durch die intramoleculare Athmung der Erbsensamen verbraucht — d. h. vergohren wurde.

Aus dem Gesagten ist zu ersehen, dass die intramoleculare Athmung der Erbsensamen in allen wesentlichen Punkten mit der alkoholischen Gährung übereinstimmt, denn:

1. Die Hauptproducte dieser intramolecularen Athmung bestehen ebenso wie die der alkoholischen Gährung aus Kohlensäure und Alkohol, wobei andere Nebenproducte nur in einer sehr unbedeutenden Menge gebildet werden.

2. Diese Hauptproducte der intramolecularen Athmung stehen unter einander in demselben Verhältnisse wie bei der alkoholischen Gährung.

3. Nicht nur die Reservestoffe der Samen, sondern theilweise auch die von aussen zugeführten Kohlenhydrate können durch die Erbsensamen, ähnlich wie durch den Hefepilz vergohren werden, wobei der Rohrzucker wieder wie bei der Hefe zunächst invertiert und erst dann vergohren wird.

In Anbetracht dieser allseitigen Uebereinstimmung scheint der Schluss berechtigt zu sein, dass die intramoleculare Athmung der Erbsensamen nicht mit der alkoholischen Gährung analog, sondern dem Wesen nach mit derselben identisch ist, so dass in Bezug auf die Fähigkeit, alkoholische Gährung zu erregen, die Erbsensamen nicht qualitativ sondern nur quantitativ von den Hefezellen sich verschieden verhalten.

Was die Quantität des von den Erbsensamen gebildeten Alkohols anbetrifft, so sehen wir aus den Zahlen der Colonne 13 Tab. I, dass dieselbe bei den in destilliertem Wasser liegenden Samen 22.7% der Trockensubstanz der Samen erreichen kann. Diese Quantität kann noch höher steigen, wenn die Samen nicht in reinem Wasser, sondern in einer Dextrose- oder Rohrzuckerlösung verweilen.

So erreichte die gebildete Alkoholmenge bei dem Versuche VII 28.9% der Trockensubstanz der Samen, was sich dadurch erklärt, dass hier neben den Kohlenhydraten der Reservestoffe noch 0.396 Gr. des aus dem Rohrzucker gebildeten Invertzuckers vergohren wurde. Die Trockensubstanz der Samen im Versuche VI wog 2.6771 Gr. Nimmt man an, dass die aus der Lösung verschwundenen 0.396 Gr. Invertzucker in Alkohol und Kohlensäure gespalten wurden und dass infolge dessen 0.198 Gr. Alkohol entstand, so beträgt der aus dem Invertzucker gebildete Alkohol 7.4% der Samentrockensubstanz. Zieht man diese Menge von 28.9%, welche im ganzen gefunden wurden, ab, so erhält man $28.9 - 7.4 = 21.5\%$ der Trockensubstanz Alkohol, welcher der Bildung aus den Reservestoffen der Samen zuzuschreiben ist. Im Versuche IV, bei welchem die Samen in reinem Wasser lagen, und welcher parallel mit VI verlief, erreichte die Alkoholmenge nach dem Schluss des Versuches 22.7% der Trockensubstanz der Samen, es ist das eine Zahl, welche von 21.5% nur um 1.2% differiert. Daraus sehen wir, dass die Menge Alkohol, welche aus den Reservestoffen der Samen gebildet wurde, nahezu dieselbe war, gleichviel ob diese Samen im Wasser oder in Zuckerlösung während des Versuches verweilten, und nur in diesem letzten Falle entstand noch ausserdem eine gewisse Menge Alkohol auf Kosten des von aussen durch die Samen aufgenommenen Zuckers.

Die eben besprochene Identität der intramolecularen Athmung mit der alkoholischen Gärung bezieht sich zunächst auf die fragliche Erscheinung bei den Erbsensamen, doch fehlt es nicht an Thatsachen, welche darauf hinweisen, dass das an diesem Objecte gefundene Resultat eine viel allgemeinere Geltung hat. So sahen wir, dass Lechartier und Bellamy bei den meisten von ihren Versuchen über die intramoleculare Athmung der Birnen in diesen Früchten ebenfalls eine Menge Alkohol gefunden haben, welche derjenigen der ausgeschiedenen Kohlensäure nahezu gleich war. Demnach ist anzunehmen, dass auch bei den Birnen die intramoleculare Athmung mit der alkoholischen Gärung identisch ist. Da nun in Bezug auf die Intensität der Kohlensäurebildung bei Luftabschluss, so wie auf das lange Dauern derselben andere Früchte, wie Aepfel, Kirschen, Weintrauben etc. sich den Birnen vollkommen gleich verhalten, da ausserdem die Bildung des Alkohols in diesen Früchten,

wenn sie in einen sauerstofffreien Raume verweilen, ebenfalls constatirt wurde, so ist die Identität ihrer intramolecularen Athmung mit der alkoholischen Gährung kaum zu bezweifeln. Wenn wir endlich bedenken, dass, wie wir in der literarischen Uebersicht gesehen haben, gewisse Mengen Alkohol von verschiedenen Autoren in ausserordentlich vielen Pflanzen und Pflanzenorganen gefunden wurden, so werden wir geneigt sein anzunehmen, dass überall dort, wo sich die intramoleculare Athmung der höheren Pflanzen auf Kosten der Kohlenhydrate vollzieht, dieselbe dem Wesen nach auf alkoholischer Gährung beruht und in Bezug auf ihren Chemismus mit derselben vollkommen übereinstimmt. Nun ist in den letzten Jahren von Buchner nachgewiesen worden, dass die Hefealkoholgährung auf der zuckerspaltenden Wirkung einer gewissen chemischen Substanz, die er Zymase nennt, beruht, und dass diese Zymase auch von den Hefezellen getrennt, also unabhängig von den Lebensprocessen die alkoholische Gährung hervorrufen kann.

Nehmen wir also an, dass die intramoleculare Athmung der höheren Pflanzen z. B. der fleischigen Früchte, der Erbsensamen etc. in gleicher Weise wie die Alkoholgährung bei dem Hefepilze verläuft, so muss auch das Vorhandensein der Zymase in den Zellen höherer Pflanzen angenommen werden. Es war angezeigt, sich zu überzeugen, ob sich eine Kohlensäureentwicklung unabhängig von der Zellenstructur, auch bei den höheren Pflanzen beobachten liesse. Dies wurde mit dem Versuche VIII bezweckt. — Man lies hier 10 Erbsensamen (3.3038 Gr.) in der üblichen Weise im luftleer gemachten Apparate 7 Tage lang im Wasser liegen, wobei täglich das Volumen der sich bildenden Kohlensäure abgelesen wurde. Am 7-ten Tage wurde der Apparat geöffnet, die Samen aus demselben herausgenommen, in einer Porzellanreibschale zerrieben und mit Wasser wieder in den Apparat gebracht. Nun wurde abermals die Luft aus dem Apparate ausgepumpt und das Gasvolumen wieder jede 24 Stunden abgelesen. Die abgelesenen und auf 0°C und 0.76 reducierten Gasvolumina — die im Wasser gelöste Kohlensäure mitgerechnet — waren folgende:

1. Periode, ganze Samen:

	Kohlensäure im ganzen	1 Gr. Samen entwickelt pro 24 Stunden
1. Tag	14.0 c c.	4.24 c c. CO ₂
2. "	32.1 "	5.49 " "
3. "	49.2 "	5.49 " "
4. "	67.0 "	5.39 " "
5. "	83.8 "	5.09 " "
6. "	99.8 "	4.85 " "
7. "	115.0 "	4.61 " "

2. Periode, Samen zerrieben:

1. Tag	0.18 c c.	0.05 " "
2. "	1.04 "	0.26 " "
3. "	3.91 "	0.86 " "
4. "	99.7 "	29.0 " "

Aus diesen Zahlen sehen wir, dass die Zerstörung der Zellen-structur der Samen durch Zerreiben derselben eine nahezu vollständige Sistierung der Kohlensäurebildung zur Folge hatte. Während unmittelbar vor dem Zerreiben die Samen nahezu 5 c. c. Kohlensäure pro 1 gr. und 24 Stunden producierten, bildeten alle 10 Samen, welche 5.3 gr. wogen, nachdem sie zerrieben waren, kaum 1 c. c. in 48 Stunden, also eine Menge, welche fast noch innerhalb der Fehlergrenzen liegt. Erst am dritten Tage wurde eine namhaftere Gasmenge (3 c. c.) gebildet, und am vierten war die Gasentwicklung ausserordentlich lebhaft. Jetzt war aber die Flüssig-vollständig trübe, eine Unmasse von Bacterien hatten sich in ihr entwickelt. Da es also nicht gelungen ist, die zerriebenen Samen auf längere Zeit steril zu erhalten, so können als massgebend nur die ersten Tage nach der Zusammenstellung des Apparates mit zerriebenen Samen gelten, und in diesen ersten Tagen war nahezu gar keine Kohlensäurebildung zu beobachten. Demzufolge ist die intramoleculare Athmung der Erbsensamen an die Zellenstructur derselben gebunden und es ist also nicht gelungen das Vorhandensein der Zymase, welche unabhängig von den Lebensprocessen Gährung hervorrufen könnte, in den Erbsensamen nachzuweisen.

Ein analoges Resultat wurde schon früher von Brefeld¹⁾ für Traubenbeeren angegeben. Der Saft aus steril gemachten Beeren

¹⁾ Brefeld, Land. Jahrb. V, 1876.

über Quecksilber gebracht, hielt sich hier eine unbegrenzte Zeit unverändert, ohne auch nur Spuren der Kohlensäurebildung zu äussern, während unverletzte Beeren über Quecksilber gebracht eine starke und langdauernde Kohlensäureproduction zeigten.

Darf man nun aus diesen negativen Resultaten den Schluss ziehen, dass Zymase bei den höheren Pflanzen nicht gebildet wird, und dass die Alkoholproduction hier auf andere Weise als bei dem Hefepilze, etwa durch unmittelbare Wirkung des lebendigen Protoplasmas zu Stande kommt? Die Verfasser glauben kaum, dass ein solcher Schluss berechtigt wäre.

Es kann ja nicht mehr darüber gezweifelt werden, dass die alkoholische Hefegährung durch Zymase vermittelt wird, und doch sind die Forscher, welche sich mit der Untersuchung des Hefepresssaftes beschäftigt haben, darüber einig, dass dieser Presssaft durchaus nicht immer die gleiche Gärkraft besitzt, d. h. nicht immer die gleiche Zymasemenge enthält. Es kommt nur zu oft vor, dass der Saft aus einer Hefe, welche eine starke Gährung erregt, ausgepresst, nur eine sehr geringe und manchmal sogar fast gar keine Gährwirkung äussert, d. h. dass sie eine sehr geringe oder fast keine Zymasemenge enthält. Und doch wird das Fehlen der Zymase in dem Presssaft von Hefe gewisser Herkunft uns nicht dazu veranlassen, die Hefegährung, bald durch Vermittelung der Zymase bald durch unmittelbare Wirkung des lebendigen Protoplasmas erklären zu wollen, eher werden wir geneigt sein anzunehmen, dass im Falle der Unwirksamkeit des Hefepresssaftes irgend welche Hindernisse dem Nachweise der Zymase in den Hefezellen im Wege stehen. Dasselbe dürfen wir annehmen in Bezug auf den misslungenen Nachweis der Zymase in den Zellen der höheren Pflanzen. Welcher Natur diese Hindernisse seien, darüber können derzeit nur Vermuthungen ausgesprochen werden. Es wäre möglich, dass durch das Zerreiben der Pflanzenmasse irgend welche Substanzen aus gewissen Zellen freigemacht werden, welche sei es durch Niederschlagen der Zymase (ähnlich wie es Jentys für die Diastase mancher Blätter nachgewiesen hat), sei es auf andere Weise die Wirkung derselben aufheben. Mit vielleicht noch grösserer Wahrscheinlichkeit könnte man vermuthen, dass die Zymase sich nach und nach verbraucht und dass sie, um eine andauernde Gährung hervorzurufen, immer aufs neue gebildet werden muss. Eine von dem Zellenleben unabhängige Gährung könnte man bei einer solchen Annahme

nur dann erwarten, wenn ein gewisser Ueberschuss an Zymase sich in den Zellen ansammelt. Wo die Bildung und der Verbrauch der Zymase gleichen Schritt halten, muss die Gährung an das Leben der Zellen gebunden sein, denn nach der Zerstörung des lebendigen Protoplasmas muss auch die Zymasebildung aufhören. Dies wäre der Fall bei den Erbsensamen, Früchten und zum Theil auch bei der Hefe gewisser Herkunft, welche einen wenig gährungsfähigen Presssaft liefert. Wo dagegen die Zymasebildung so stark ist, dass sie bedeutend ihren Verbrauch iberwiegt, da wird sich ein gewisser Vorrath derselben in den Zellen ansammeln, welcher auch dann eine zeitlang die Gährung unterhalten kann, wenn die Neubildung der Zymase durch Zerstörung der Zellstructur unmöglich gemacht wird. Die verschiedene Gahrtuchtigkeit des Hefepresssaftes würde sich bei dieser Annahme dadurch erklären, dass die Bildung der Zymase bei der Hefe verschiedener Herkunft, je nach den Lebensbedingungen bald mehr bald weniger den Verbrauch derselben iberwiegt. Je grösser das Uebergewicht der Bildung iber den Verbrauch wäre, ein desto grösserer Vorrath an Zymase würde sich in den Hefezellen ansammeln und desto gahrtuchtiger würde der aus diesen Zellen ausgepresster Zellsaft sein. Die Beobachtungen Alberts ¹⁾, dass durch s. g. Regeneration der Hefe sich dieselbe künstlich an Zymase anreichern lässt, so dass ihr Presssaft bedeutend gahrtuchtiger wird, könnte vielleicht zu Gunsten der eben dargestellten Hypothese angeführt werden.

Enzymbildung unter Luftabschluss. Aus der eben besprochenen Identität der intramolecularen Athmung der Erbsensamen mit der alkoholischen Gährung ist noch der interessante Schluss zu ziehen, dass die Enzymbildung bei den höheren Pflanzen auch ohne Sauerstoffzutritt möglich ist. Wir haben gesehen, dass etwa 40% der Trockensubstanz der in Wasser unter Luftabschluss liegenden Erbsensamen in Alkohol und Kohlensäure gespalten wurde. Es ist ohne Weiteres klar, dass das Material zu dieser Spaltung in der Reservestärke zu suchen ist. Auch zeigte der Versuch XIV, welcher 49 Tage dauerte, dass bei der Bildung von 0.4158 Gr. Alkohol und 0.5233 Gr. Kohlensäure die Stärkemenge der Samen um 0.8521 Gr. abgenommen hat. Ist nun der Chemismus

¹⁾ Albert. „Ueber künstliche Anreicherung der Hefe an Zymase“. Berichte der deutsch. Chem. Ges. 1899, B. 32, S. 2372.

der Alkoholbildung bei den Erbsensamen derselbe wie bei dem Hefepilze, so muss angenommen werden, dass diese 0.8521 Gr. Stärke, bevor sie einer Gährung unterlag, zunächst verzuckert werden musste. Nun wird jetzt in der Pflanzenphysiologie allgemein angenommen, dass die Verzuckerung der Stärke in den pflanzlichen Zellen immer durch Diastase vermittelt wird, gilt diese Regel auch für den vorliegenden Fall, so muss eine der beiden Alternativen angenommen werden: entweder gab es von Hause aus in den gereiften ruhenden Erbsensamen so viel Diastase, dass dieselbe mehr als die Hälfte ihrer Reservestärke zu verzuckern im Stande war, oder diese Diastase hat sich erst während des Versuches also ohne Sauerstoffzutritt gebildet. Da die erste dieser Voraussetzungen kaum möglich zu sein scheint, so muss die zweite angenommen werden. Man muss demnach annehmen, dass die Diastase auch bei vollkommenem Luftabschluss in den Pflanzen sich bilden und ihre Wirkung auf die Stärke ausüben kann.

Das Gesagte betrifft aber nicht nur die Anwesenheit der Diastase sondern auch der Invertase in den Erbsensamen. Die Versuche VI und VII zeigen, dass, wenn die Erbsensamen längere Zeit in einer Rohrzuckerlösung lagen, sie diesen nach und nach in Invertzucker verwandelten. Ob die zu dieser Umwandlung nöthige Invertase schon in ruhenden Samen vorhanden war, oder ob sie sich erst während des Versuches in denselben gebildet hat, wurde nicht untersucht. Ist, was wahrscheinlicher erscheint, das letzte der Fall, so ist anzunehmen, dass auch die Invertase in den Pflanzen ohne Sauerstoffzutritt entstehen kann, da ja bei den Versuchen VI und VII wie bei allen übrigen die Luft aus dem Apparate. in welchem die Samen verweilten, ausgepumpt wurde.

Endlich wenn es wahr ist, dass die intramoleculare Athmung der Erbsensamen durch Zymase vermittelt wird, so müssen wir annehmen, dass dieselbe auch ohne Sauerstoffzutritt in den Pflanzen gebildet werden kann. Somit gelangen wir zu dem Resultate, dass wenigstens eine Reihe von Enzymen bei den höheren Pflanzen ohne Sauerstoffzutritt entstehen kann, dass also die Enzyme keineswegs, wie manche Autoren haben wollten, Oxydationproducte der Eiweissstoffe sein können.

Reduction des Salpeters durch die Erbsensamen. Einer besonderen Besprechung bedarf der Versuch XI, wo die Samen in einer $\frac{1}{2}\%$ Salpeterlösung lagen. Am Anfange des Ver-

suches entwickelten die Samen in der Salpeterlösung (Tab. II, VII) soviel Kohlensäure wie im reinen Wasser, aber schon am fünften Tage sank diese Entwicklung bis auf die Hälfte herab und nach etwa 10 Tagen war sie schon ganz unbedeutend. Nach dem Schlusse des Versuches zeigte es sich, dass das Gas, welches sich im Apparate angesammelt hat, durch Kalilauge nicht vollständig absorbiert wurde. Es blieben etwa 5.5% des Gases nach der Absorbition zurück. Da im ganzen 112.6 c. c. Gas im Apparate angesammelt waren, so berechnet sich die Menge des unabsorbierbaren Gases auf 6.4 c. c. Die Natur dieses Gases wurde wegen der geringen Menge desselben nicht näher untersucht, es ist doch wahrscheinlich, dass es aus der Zersetzung des Salpeters entstand. In der Lösung selbst wurde die Anwesenheit von salpetriger Säure constatirt. Es hat also eine theilweise Reduction des Salpeters stattgefunden. Da die Lösung, in welcher die Samen verweilten, vollkommen klar, ohne eine Spur von Trübung, blieb, so ist wenigstens höchst wahrscheinlich, dass die beobachtete Reduction des Salpeters durch die intramoleculare Athmung der Samen selbst verursacht wurde¹⁾. Dass die intramoleculare Athmung der Samen in diesem Versuche schon nach wenigen Tagen so schwach geworden ist, ist der nachtheiligen Wirkung der Zersetzungsproducte des Salpeters, vielleicht der salpetrigen Säure, zuzuschreiben, da der Salpeter selbst nicht schädlich wirkt, wie daraus erhellt, dass in den ersten Tagen des Versuches die Kohlensäurebildung ebenso energisch war wie bei den Versuchen, in welchen die Samen in reinem Wasser sich befunden haben.

Verlauf der intramolecularen Athmung. Die täglichen Ablesungen der Gasvolumina in den Apparaten zeigten, dass am ersten Tage die intramoleculare Athmung immer noch sehr schwach war, sie verstärkte sich aber rasch, so dass meistens schon am dritten, seltener am vierten, manchmal schon am zweiten Tage der Höhepunkt der Kohlensäurebildung erreicht war. Zu diesem Maximum gelangt, erhielt sich die intramoleculare Athmung eine bis zwei Wochen lang in gleicher Höhe, um dann ganz allmählich wieder zu sinken und endlich ganz aufzuhören.

¹⁾ Da die Möglichkeit der Salpeterreduction durch Erbsensamen von Jodin (Annales agronomiques T. 23, S. 433) bestritten wurde, so bedarf die Sache noch einer weiteren Prüfung.

Dieser Gang der intramolecularen Athmung war ziemlich stark von der Temperatur beeinflusst. Bei einer höheren Temperatur war die intramoleculare Athmung zwar bedeutend stärker, hörte aber auch bedeutend früher auf.

So z. B. in den Versuchen III, IV, XIII und XIV, wo die Temperatur 20° C. nicht überstieg, war die intramoleculare Athmung noch am Anfange der vierten Woche ebenso stark wie in der ersten, erst am Ende der vierten Woche fing sie an schwächer zu werden und war ganz unbedeutend in der siebenten Woche. Anders bei dem Versuche XII, wo die Temperatur zwischen 20° und 25° C. schwankte. Hier war die Kohlensäureentwicklung in der ersten Woche bedeutend energischer als in den oben erwähnten Versuchen, sie sank aber schon am Anfange der dritten Woche bis auf die Hälfte herab und hörte in der vierten Woche fast gänzlich auf.

Dieses Resultat stimmt vollständig mit dem Resultate der umfangreichen Arbeit Chudiakow's ¹⁾ über den Einfluss der Temperatur auf die intramoleculare Athmung überein. Dieser Autor fand, dass die Temperatur ganz in derselben Weise die intramoleculare wie die normale Athmung beeinflusst, so dass das Verhältnis der intramolecularen zur normalen Athmung $\left(\frac{I}{N}\right)$ bei einem bestimmten Objecte von der Temperatur unabhängig ist. Weiter fand auch Chudiakow, dass bei einer höheren Temperatur die Intensität der intramolecularen Athmung bedeutend früher eine Abnahme erfährt als bei einer niederen.

Die Versuche Chudiakow's waren von den vorliegenden insofern verschieden, als sie nur eine kurze Zeit, meistens nicht länger als 12 Stunden, gedauert haben. Wenn schon innerhalb einer so kurzen Frist eine Abnahme der Intensität der Kohlensäurebildung beobachtet werden konnte, so ist das dem Umstande zuzuschreiben, dass Chudiakow meistens nicht mit nur gequollenen Samen sondern mit Keimpflanzen, welche schon mehrere Centimeter lange Wurzeln besaßen, experimentierte. Daraus ist ersichtlich, dass für solche Keimlinge der Sauerstoffmangel bedeutend schädlicher ist als für nur gequollene Samen. Dementsprechend konnte Chudiakow bei

¹⁾ Chudiakow: „Beiträge zur Kenntnis der intramolecularen Athmung“ Landw. Jahrb. 1894, B. 23, S. 332—389.

den Versuchen mit nur gequollenen Samen innerhalb der kurzen Dauer seiner Versuche nur dann eine Abnahme der Kohlensäurebildung beobachten, wenn der Versuch bei einer sehr hohen Temperatur z. B. bei 40° C. ausgeführt wurde.

Gegen die Versuchsmethode Chudiakow's könnte man den Einwand erheben, dass er keine Massregel dagegen getroffen hat, um den möglichen Einfluss der Mikroorganismen auszuschliessen. Zwar dauerten seine Versuche nur kurz, so dass die Mikroorganismen nicht Zeit genug hatten, um sich hinreichend zu vermehren und ihren Einfluss auszuüben, doch ist es bei den Versuchen, wo die Temperatur hoch war und 30° C. überstieg, nicht ausgeschlossen dass die Mikroorganismen doch vermocht haben sich auf dem Pflanzenobjecte, dessen Immunität durch abnorme Verhältnisse (Sauerstoffmangel) geschwächt sein musste, anzusiedeln und seine Lebensfähigkeit zu schädigen. Diese Schädigung der Lebensfähigkeit des Pflanzenobjectes durch Mikroorganismen konnte aber leicht eine Abnahme seiner intramolecularen Athmung herbeiführen.

Die intramoleculare Athmung verschiedener Samen. Wie aus der Tabelle II zu ersehen ist, spielt sich die intramoleculare Athmung der verschiedenen Samen mit einer sehr ungleichen Energie ab. Von den vier von den Verfassern benützten Pflanzensamen zeichnen sich die Erbsensamen durch die allerstärkste intramoleculare Athmung aus. Die Fähigkeit der Erbsensamen zur intramolecularen Athmung ist so gross, dass sie unter Luftabschluss wochenlang ebensoviel Kohlensäure producieren wie bei ungehindertem Luftzutritt. Zur Veranschaulichung dieses Verhältnisses dient folgende Tabelle, in welcher die von 1 Gr. Samen in 24 Stunden producierte Kohlensäurevolumina einerseits bei der intramolecularen, andererseits bei normaler Athmung zusammengestellt sind. Diese Zahlen sind dem Versuche IV der vorliegenden Arbeit und dem Versuche XIV einer Arbeit des Referenten vom J. 1881¹⁾ entnommen. Die Temperatur während dieser beiden Versuche war nahezu gleich,

¹⁾ Godlewski: „Studia nad oddychaniem roślin“, Pamiętnik Akadem. Umiejętności T. VII. Pringsheim's Jahrbücher für wiss. Bot. B. XIII.

**Die Menge Kohlensäure in c. c., welche von 1 gr. Erbsensamen während
24 Stunden ausgeschieden wurde.**

1. und 2. 24 Stunden im Durchschnitt	Bei intramolecularer	Bei normaler
	Athmung c. c.	Athmung c. c.
	2.07	0.91
3. 24 Stunden	3.49	2.18
4. " "	4.21	4.14
5. " "	4.08	3.38
6. " "	3.98	5.56
7. " "	4.41	4.73
8. " "	3.72	4.61
9. " "	3.84	6.05.

Nur wenig schwächer als bei den Erbsensamen ist die intramoleculare Athmung bei den Samen der Pferdebohne, viel schwächer ist sie bei den Gerstensamen und ganz ausserordentlich schwach bei den Ricinussamen. Die Unfähigkeit der Ricinussamen eine stärkere intramoleculare Athmung zu entwickeln, ist dadurch leicht zu erklären, dass die stickstofffreien Reservestoffe dieser Samen aus einem Fette bestehen, also aus einem Körper, der schon wegen seiner Sauerstoffarmut in Alkohol und Kohlensäure nicht gespaltet werden kann.

Des Vergleiches wegen mögen noch Zahlen angeführt werden, welche der Referent aus den Versuchsergebnissen Chudiakow's berechnet hat.

**Die Menge der Kohlensäure, welche nach den Versuchen von Chudiakow
von 1 Gr. gequollenen Samen in 24 Stunden durch intramoleculare
Athmung ausgeschieden wurde.**

	Temperatur			
	10°C. c.c.	20°C. c.c.	30°C. c.c.	40°C. c.c.
Pisum sativum VI	3.53	4.90	8.84	11.56
Vicia Faba I	1.79	3.64	7.33	11.94
" " VII	1.85	3.79	7.30	11.52
Triticum vulgare	0.91	1.46	1.95	2.82
Zea Mays II	0.80	1.87	4.64	7.84
Ricinus communis IV . .	0.81	1.52	2.38	3.54
" " XI	1.17	2.23	3.52	5.04
Brassica Napus V	1.92	3.16	4.90	9.12

Diese Zahlen, so weit sie die Samen der Erbsen- und Pferdebohnen betreffen, stimmen mit denen der Verfasser (Tabelle II) fast vollkommen überein, dagegen sind die Zahlen, welche die intramoleculare Athmung der Ricinussamen ausdrücken, bei Chudiakow weit grösser als bei den Verfassern. Es ist nicht leicht zu erklären, worauf dieser Unterschied zurückzuführen sei. Die Versuche Chudiakow's waren zwar etwas anders eingerichtet als die der Verfasser, die Samen lagen während des Versuches nicht im Wasser, sondern sie wurden, nachdem sie im Wasser gequollen waren, in feuchtem Zustande im Wasserstoffstrome gehalten. Die entweichende CO_2 wurde mittelst dieses Wasserstoffstromes durch Pettenkofer'sche Röhren mit Barytwasser geleitet und dann durch Titrierung bestimmt. Auch die Dauer der Versuche Chudiakow's war eine nur kurze, sie erstreckte sich nicht über 12 Stunden, während die Versuche der Verfasser mehrere Wochen gedauert haben. Doch sind die Unterschiede in den Zahlen Chudiakow's und der Verfasser so gross, dass sie auch durch diese Differenzen in der Untersuchungsmethode nicht erklärt werden können. So kommt nach Chudiakow auf 1 gr. Ricinussamen und 24 Stunden (Versuch XI) bei 20°C . 2.23 c. c. CO_2 , während im Versuche XIX der Verfasser im Laufe eines ganzen Monates durch 1 gr. Ricinussamen nur 1.79 c. c. Kohlensäure gebildet wurde. Die Ursache so grosser Unterschiede könnte vielleicht darin gesucht werden, dass in den Versuchen der Verfasser die Samen von Anfang an im luftleeren Raume und im luftfreien Wasser lagen, während Chudiakow mit Samen experimentirte, welche, wie es scheint, im gewöhnlichen, also lufthaltigen Wasser gequollen waren. Es ist also möglich, dass schon während dieses Quellungsprocesses eine Menge Fett durch den im Wasser gelösten Sauerstoff zu Kohlenhydraten oxydirt wurde, welche dann während der kurzen Dauer der Versuche im Wasserstoffstrome für die ausgiebigere intramoleculare Athmung ausreichte. Nicht unmöglich wäre es auch, dass bei der Kohlensäurebildung, welche Chudiakow bei den Ricinussamen im Wasserstoffstrome beobachtete, sich Mikroorganismen, welche während der Quellung der Samen in Wasser an denselben sich ansiedeln konnten, betheiligt waren, da ja Chudiakow sein Versuchsmaterial leider nicht sterilisiert hatte.

Wenn es leicht verständlich ist, dass die intramoleculare Athmung der Ricinussamen und überhaupt der Oelsamen nur schwach sein kann, so ist es viel schwerer zu erklären, warum bei verschiedenen

Stärkesamen die intramoleculare Athmung auch sehr ungleich energisch ist. 1 gr. Gerstensamen entwickelt im luftleeren Raume kaum $\frac{1}{4}$ derjenigen Kohlensäuremenge, welche von 1 gr. Erbsensamen gebildet wird. Und doch sind die Gerstensamen an Kohlenhydraten sogar reicher als die Erbsensamen. Ueberhaupt scheinen die Leguminosen viel mehr zur intramolecularen Athmung befähigt zu sein, als die Getreidesamen. Diese Unterschiede sind kaum anders zu erklären, als durch die Annahme, dass verschiedene Samen nicht mit gleicher Leichtigkeit die bei der intramolecularen Athmung mitwirkenden Enzyme bilden. Die als Reservestoff in den Samen enthaltene Stärke kann erst dann zur intramolecularen Athmung verwendet werden, wenn sie zunächst durch Einwirkung der Diastase verzuckert wird. Je mehr Diastase, desto leichter die Verzuckerungsstärke, je mehr Zymase, desto leichter die Vergärung dieses Zuckers, folglich muss von der Leichtigkeit, mit welcher sich diese Enzyme auch bei Luftabschluss in den Samen bilden, die Ausgiebigkeit ihrer intramolecularen Athmung abhängen. Die Enzyme sind aber mit den Eiweissstoffen am nächsten verwandt und entstehen ohne Zweifel aus denselben. Es ist aber leicht möglich, dass nicht alle Eiweissstoffe zur Bildung der Enzyme gleich geeignet sind, wäre es so, so könnte die verschiedene Befähigung der Pflanzensamen zur intramolecularen Athmung mit der Menge derjenigen Eiweissstoffe, welche für Enzymbildung besonders geeignet sind, zusammenhängen.

Bedeutung der intramolecularen Athmung für die höheren Pflanzen. Obgleich die intramoleculare Athmung der höheren Pflanzen dem Chemismus nach sich von der alkoholischen Hefegärung nicht unterscheidet, so hat sie doch für diese Pflanzen nicht dieselbe Bedeutung wie die alkoholische Gärung für den Hefepilz. Es kann nicht gezweifelt werden, dass durch Gärung die Hefezellen im Stande sind, die für ihre Lebensthätigkeit nöthige Energie zu gewinnen, da ja der Hefepilz auch bei vollständigem Luftabschluss leben, wachsen und sich vermehren kann. Dies zu thun vermögen die höheren Pflanzen und Pflanzentheile nicht, auch dann nicht, wenn sie durch eine sehr starke intramoleculare Athmung sich auszeichnen. Die Erbsensamen, welche im luftleeren Raume im Wasser liegend ebensoviel Kohlensäure producieren wie bei vollem Luftzutritt, vermögen unter diesen Bedingungen ebensowenig zu keimen wie die Ricinussamen, welche bei Luftabschluss

kaum Spuren von Kohlensäure bilden. Durch Berthelot wissen wir, dass bei der Gährung $\frac{1}{15}$ der chemischen Energie der Glykose frei wird. Könnte diese Energie in entsprechender Weise für das Wachstum des Erbsenembryo verwendet werden, so würde doch unter Luftabschluss eine gewisse, wenn auch langsame Entwicklung desselben möglich sein. Das ist aber nicht der Fall, auch dann nicht, wenn wir noch künstlich durch Erhöhung der Temperatur oder durch Zuführung von Glykose von aussen die intramoleculare Athmung der Samen steigern. Folglich kann die bei der intramolecularen Athmung der höheren Pflanzen frei werdende Energie für die Entwicklung derselben nicht verwendet werden. Warum? Das wissen wir nicht. Wenn aber die intramoleculare Athmung nicht dazu dienen kann, um das Wachstum einer höheren Pflanze auch nur in geringem Maasse zu ermöglichen, so kann sie doch dazu ausreichen, um gewisse Lebenserscheinungen in derselben zu erhalten. So sahen wir, dass die Aufnahme gewisser Nährstoffe von aussen, die Bildung mancher Enzyme (Diastase, Invertase, Zymase) und die Hydrolyse der Kohlenhydrate auch ohne Sauerstoffzutritt in der höheren Pflanze bis zu einem gewissen Grade vor sich gehen können. Auch sind gewisse Thatsachen bekannt, dass die intramoleculare Athmung dazu dient, um die Pflanze vor der Erstickung infolge von Sauerstoffmangel zu schützen.

So fand Diakonow¹⁾, dass gewisse Schimmelpilze wie *Penicillium glaucum* längere Zeit bei Luftabschluss am Leben blieben, wenn in der Nährlösung Zucker vorhanden war; bei Abwesenheit desselben starben sie aber im Wasserstoffstrome schon nach $1\frac{1}{2}$ Stunden ab.

Nach diesem Resultate könnte man erwarten, dass Samen, welche sich durch hohe Befähigung zur intramolecularen Athmung auszeichnen, im gequollenen Zustande bei Sauerstoffabschluss länger ihre Keimfähigkeit behalten werden, als solche, welche nur wenig zur intramolecularen Athmung befähigt sind. Und doch bestätigt sich diese Erwartung durchaus nicht. Die Erbsensamen athmen wie wir sahen in luftleerem Raume viel stärker, als die Gerstensamen und noch erheblich stärker als die Ricinussamen. Und doch fanden

¹⁾ Diakonow „Intramoleculare Athmung und Gährthätigkeit“. Berichte der deutsch. Bot. Ges. J. 1886, B. IV.

schon Leshartier und Bellamy, dass ein Theil der Gerstensamen, welche 4 Monate lang in theilweise gequollenem Zustande bei Luftabschluss verweilten, noch keimungsfähig war. Auch die Verfasser haben bei dem Versuche XIX constatirt, dass von 5 Ricinussamen, welche 6 Wochen im Wasser und luftleeren Raume lagen, 3 ganz normal gekeimt haben. Die Erbsensamen, welche 3 Wochen im Wasser im Apparate lagen, keimten auch, doch entwickelten sich bei ihnen nur die Stengelchen normal, die Wurzelchen waren abgestorben.

Durch diese Beobachtungen wird bewiesen, dass die Samen, welche ausserordentlich schwach zur intramolecularen Athmung befähigt sind, eben so lange, wenn nicht länger im sauerstofffreien Medium in gequollenem Zustande ihre Keimfähigkeit behalten, gleichwie diejenigen, welche sich durch eine besonders starke Befähigung zur intramolecularen Athmung auszeichnen.

Gegen die Annahme, dass die Erhaltung einer Pflanze bei Luftabschluss in lebendigem Zustande durch die Stärke der intramolecularen Athmung bedingt werde, spricht auch die Beobachtung Chudiakow's, dass das Absterben der Pflanzenorgane in Folge von Sauerstoffmangel um so früher eintritt, je höher die Temperatur ist, trotzdem durch eine höhere Temperatur die intramoleculare Athmung bedeutend beschleunigt wird.

Es liegt ein scheinbarer Widerspruch zwischen den oben angeführten Versuchsergebnissen Diakonow's an den Schimmelpilzen und den eben dargestellten Beobachtungen an den Samen. Die Zeit, während welcher sich die Schimmelpilze ohne Sauerstoff am Leben erhielten, hing von der Anwesenheit eines für die intramoleculare Athmung geeigneten Materials ab, die Zeit, während welcher die Samen im gequollenen Zustande bei Luftabschluss ihre Keimfähigkeit behielten, war von diesem Materiale und überhaupt von der intramolecularen Athmung dieser Samen unabhängig.

Wo liegt nun die Ursache dieses Unterschiedes?

Um den scheinbaren Widerspruch zu lösen, muss bemerkt werden, dass die Schnelligkeit, mit welcher eine Pflanzenzelle in Folge des Sauerstoffmangels abstirbt, in hohem Grade davon abhängt, mit welcher Intensität die Lebensvorgänge und die Athmung im Momente des Sauerstoffentziehens vor sich gingen. Je energischer die Lebensthätigkeit der Zelle war, je lebhafter ihre Athmung, desto schädlicher wird ihr der Sauerstoffmangel werden, desto früher

wird die Pflanze absterben, wenn ihr der Luftzutritt entzogen wird. Dagegen wird sich an einer Pflanze oder an einem Pflanzenorgane, in welchen sei es aus Wassermangel, oder aus Mangel an entsprechenden Enzymen, oder wegen einer zu niedrigen Temperatur, oder aus irgend welchen andern Gründen die Lebensprocesse zur Zeit der Sauerstoffentziehung sich nur langsam abspielten und die Athmung schwach war, der schädliche Einfluss des Sauerstoffmangels erst viel später geltend machen, und die Pflanze wird sich verhältnissmässig lange Zeit ohne Sauerstoff am Leben erhalten.

Die Pflanzensamen können ja in trockenem Zustande jahrelang ohne Sauerstoffzutritt ebenso gut, wenn nicht besser als unter Luftzutritt, ihre Keimfähigkeit behalten.

Die Ursache dieser Erscheinung ist natürlich darin zu suchen, dass das Leben in den trockenen Samen in einem Ruhezustande verharret, die Athmung findet kaum statt, deswegen ist hier auch der Sauerstoffzutritt entbehrlich. Auch die gequollenen Samen können, wie wir gesehen haben, monatelang ihre Keimfähigkeit unter Luftabschluss behalten, wenn man aber die schon vor einiger Zeit ausgekeimten Samen in ein sauerstoffreies Medium bringt, so sterben sie, wie es Chudiakow gezeigt hat, binnen wenigen Tagen ab¹⁾.

Der Grund dieses Unterschiedes in Bezug auf das Vertragen des Sauerstoffmangels zwischen den nur gequollenen und bereits ausgekeimten Samen ist ohne Zweifel darin zu suchen, dass die ersten im Momente der Entziehung des Sauerstoffzutritts nur sehr schwach, die letzten viel stärker geathmet haben. Es ist anzunehmen, dass die lebhaften chemischen Processe, welche sich als Athmung äussern, mit dem Abschlusse des Sauerstoffes nicht auf einmal sistiert werden, sondern wenigstens eine zeitlang mit veränderter Richtung unter Bildung gewisser Producte, welche von denen, die

¹⁾ Bei den Versuchen über die Lebensdauer der Pflanzenorgane bei Luftabschluss sollte man immer auf das sorgfältigste auf die Ausschliessung des Einflusses der Mikroorganismen Sorge tragen, was Chudiakow nicht gethan hat. Es kann kaum einem Zweifel unterliegen, dass bei Anwesenheit von Mikroorganismen das Absterben der Pflanzentheile aus Mangel an Sauerstoff viel früher stattfinden muss, als bei ihrer Abwesenheit; denn die Mikroorganismen siedeln sich an einem durch Sauerstoffmangel geschwächten Pflanzenorgane sehr leicht an und beschleunigen seinen Tod. Unsterilisierte Erbsensamen können nicht einmal eine Woche unter Wasser liegen, ohne ihre Keimfähigkeit zu verlieren.

bei der normalen Athmung entstehen, verschieden sind, fortdauern. Es ist höchst wahrscheinlich, dass der Tod der Pflanzenorgane durch Erstickung, auf der Vergiftung des Protoplasmas ihrer Zellen durch manche dieser Producte bewirkt wird. Unter dieser Voraussetzung ist es leicht verständlich, dass je lebhafter die Athmung der Pflanzenorgane zur Zeit der Entziehung des Sauerstoffzutrittes war, desto energischer sich nach dieser Entziehung diejenigen chemischen Processe abspielen, welche durch Vergiftung des Protoplasmas dessen Tod bewirken.

Bei einem solchen Sachverhalte wäre es vielleicht nicht gewagt anzunehmen, dass die intramoleculare Athmung im Sinne der alkoholischen Gährung bei Sauerstoffmangel der Pflanze dadurch nützlich wird, dass sie auf eine allerdings unbekannte Weise denjenigen chemischen Processen, welche die Vergiftung des Protoplasmas verursachen, entgegenwirkt. Bei einer solchen Voraussetzung wird es erklärbar, dass die An- oder Abwesenheit eines für die alkoholische Gährung geeigneten Materials (d. h. Glykose oder zu Glykose hydrolysierbare Kohlenhydrate) von grossem Einflusse auf die Lebensdauer einer Pflanze in sauerstofffreiem Medium sein kann. Dieser Einfluss braucht aber nicht immer gleich zu sein. War die Athmung des bezüglichen Pflanzenobjectes im Momente der Sauerstoffentziehung nur schwach, so werden nach derselben auch die für das Protoplasma gefährlichen Processe schwach sein, und die schützende Wirkung der alkoholischen Gährung wird dann entbehrlich sein. Für diesen Fall ist es gleichgültig, ob viel oder wenig gährungsfähigen Materials den Zellen zu Gebote steht. Das Pflanzenorgan wird auch in diesem Falle ebenso lange bei einer sehr schwachen, wie bei einer sehr starken intramolecularen Athmung am Leben erhalten. Dadurch wird erklärt, dass, obgleich die in sauerstoffreies Wasser gebrachten Ricinussamen ausserordentlich schwach intramoleculare athmen, sie dennoch unter Wasser wenigstens ebensolange keimfähig bleiben wie die Erbsensamen, welche unter diesen Bedingungen eine ausserordentlich starke intramoleculare Athmung äussern.

Ganz anders verhält sich die Sache, wenn ein Pflanzenobject zur Zeit des Sauerstoffabschlusses energisch geathmet hat; hier liegt die Gefahr nahe, dass das Fortdauern der lebhaften chemischen Processe nach der Entziehung des Sauerstoffes zur Vergiftung des Protoplasmas führen wird, deswegen bedarf hier dieses Protoplasma,

um sich am Leben zu erhalten, der schützenden Wirkung der intramolecularen Athmung. Ein solches Pflanzenobject wird sich also beim Luftabschluss um so länger am Leben erhalten, je mehr es von Hause aus zur intramolecularen Athmung befähigt ist, und je reicher ihm ein dazu geeignetes Material (Glykose und hydrolisierbare Kohlenhydrate) zu Gebote stehen. Dadurch erklärt sich, dass energisch athmende Schimmelpilze (*Aspergillus*, *Penicilium*) bei den Diakonow'schen Versuchen nach Verdrängung der Luft durch Wasserstoff, längere Zeit am Leben blieben, wenn in der Nährlösung Zucker vorhanden war, und bald starben, wenn es ihnen an diesem Gährmaterial gefehlt hat. Das Absterben erfolgte auch dann, wenn die Lösung Nährstoffe enthielt (Chinasäure, Weinsäure), welche für eine üppige Entwicklung des Pilzes bei Luftzutritt vollkommen ausreichten.

Als Stütze für die eben entwickelte Anschauung, kann auch die sehr interessante Beobachtung Chudiakow's¹⁾ angeführt werden, nach welcher sogar der Hefepilz, welcher bekanntlich bei Anwesenheit der Glykose nicht nur ohne Sauerstoff zu leben, sondern sich auch zu entwickeln und zu vermehren im Stande ist, beim Luftabschluss binnen kurzem abstirbt, wenn er in einer Lösung cultiviert wird, welche anstatt Glykose Glycerin, Chinasäure oder sogar Milchzucker als Nährmaterial²⁾ enthält. In denselben Nährlösungen entwickelt sich der Hefepilz bei Luftzutritt ganz normal.

Aus dem Gesagten ist zu entnehmen, dass die intramoleculare Athmung keineswegs als ein langsamer Absterbungsprocess der Pflanzenzellen betrachtet werden kann, sondern im Gegentheil eher dazu bestimmt ist, den Absterbungsprocessen, welche bei stark athmenden Objecten durch Sauerstoffmangel herbeigeführt werden, entgegenzuwirken.

Beziehung der intramolecularen zur normalen Athmung. Die Frage, ob zwischen normaler und intramolecularer Athmung ein genetischer Zusammenhang besteht, ist schon vielfach ventilirt worden. Es handelt sich namentlich um die Entscheidung, ob die alkoholische Gährung, welche, wie wir gesehen haben, das

¹⁾ Chudiakow „Untersuchungen über die alkoholische Gährung“, Landw. Jahrb. 1894, B. 23.

²⁾ Sofern es sich um eine Hefeart handelt, welche Milchzucker nicht vergährt.

Wesen der intramolecularen Athmung bildet, nur dann in der Pflanze hervortritt, wenn ihr der Sauerstoffzutritt abgeschlossen wird, oder ob sie auch bei dem Luftzutritte als erstes Stadium der normalen Athmung, welchem ein zweites Stadium, nämlich eine Oxydation des gebildeten Alkohols, folgt, stattfindet. In diesem letzten Sinne, d. h. als erstes Stadium der normalen Athmung wurde die intramoleculare Athmung schon im Jahre 1874 von Pfeffer gedeutet¹⁾.

Diese Anschauung wurde dann im Jahre 1879 von Wortmann angenommen und weiter entwickelt²⁾. Dieser letzte Forscher zeigte, dass die keimende Pferdebohne in ein barometrisches Vacuum gebracht, eine zeitlang ebensoviel Kohlensäure entwickelte, wie sie es an der Luft gethan hat. Daraus folgerte Wortmann, dass die ganze Kohlensäure, welche bei der normalen Athmung entsteht, ein Product der intramolecularen Athmung ist, und dass der atmosphärische Sauerstoff nur dazu dient, um den bei diesem Processe sich bildenden Alkohol zu Isomeren der Essigsäure, welche schliesslich in Zucker zurückverwandelt werden, zu oxydieren.

Auch in der neuesten Auflage seiner Pflanzenphysiologie (S. 555) betrachtet Pfeffer den genetischen Zusammenhang zwischen der intramolecularen und normalen Athmung als sichergestellt, ohne sich aber darüber näher auszusprechen, welche Rolle bei diesem Zusammenhange der Alkoholbildung zukommt.

Der Referent der vorliegenden Arbeit hat im Jahre 1889³⁾ gegen diese Anschauungen von Pfeffer und Wortmann einige Einwände erhoben.

Bei seinen damaligen Untersuchungen über Pflanzenathmung fand nämlich der Referent, dass die Athmungsgeschwindigkeit der Rettigkeimlinge durch Verminderung des Sauerstoffgehaltes der Luft bedeutend herabgedrückt wird, ohne dass dabei das Verhältnis $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ abgeändert wurde. Daraus folgt, dass bei diesem Pflanzenobjecte

¹⁾ Pfeffer, „Das Wesen und die Bedeutung der Athmung in der Pflanze“, Landw. Jahrb., B. III.

²⁾ Wortmann, „Ueber die Beziehung der intramolecularen zur normalen Athmung“, Würzburg 1879.

³⁾ Godlewski, „Studia nad oddychaniem roślin“. Pam. Akad. Um. T. Jarb. für wiss. Bot., B. 13.

parallel mit der Verminderung der Sauerstoffaufnahme auch die Kohlensäurebildung abnimmt, was mit der Wortmann'schen Anschauung, dass die Kohlensäurebildung als die primäre Athmungserscheinung von der Sauerstoffaufnahme nicht unmittelbar abhängig sei, unvereinbar ist. Auch wandte damals der Referent gegen Pfeffer und Wortmann ein, dass es nicht bewiesen ist, dass die intramoleculare Athmung mit der alkoholischen Gährung identisch sei, dass es also voreilig wäre, auf dieser Identität Athmungstheorien aufzubauen.

Diese Einwände, welche der Referent seinerzeit gegen die Annahme eines genetischen Zusammenhanges der intramolecularen mit der normalen Athmung erhob, müssen jetzt theils wegfallen, theils eine Beschränkung erleiden.

Durch die vorliegende Arbeit wird es endgültig bewiesen, dass die intramoleculare Athmung auch bei den höheren Pflanzen dem Chemismus nach wenigstens in vielen Fällen mit der alkoholischen Gährung wirklich identisch ist. Durch diesen Nachweis erlangen die Theorien, welche auf dieser Identität aufgebaut sind, einen festeren Boden, als es früher der Fall war. Auch das oben angeführte Resultat der Arbeit Chudiakow's, dass nämlich die intramoleculare Athmung durch die Temperatur in ganz derselben Weise wie die normale beeinflusst wird, spricht für den genetischen Zusammenhang zwischen beiden.

Dass die intramoleculare und die normale Athmung sich gegenseitig nicht ausschliessen, sondern nebeneinander verlaufen können, beweisen besonders die Versuche von Jentys¹⁾. Derselbe fand, dass die Weizenkeimlinge in einer Atmosphäre, welche constant 2—5% Sauerstoff enthielt, auf 100 Volumentheile des aufgenommenen Sauerstoffes 120 bis 140 Theile Kohlensäure ausschieden, während in gewöhnlicher Luft die beiden Gasvolumina nahezu einander gleich waren. Der Ueberschuss an Kohlensäure im ersten Falle konnte nur in der intramolecularen Athmung, welche neben der normalen verlief, seinen Ursprung haben.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist endlich der von den französischen Forschern Devaux, Berthelot und Mazé erbrachte Nachweis, dass nicht nur die Alkoholbildung unter erschwertem Luftzutritt eine bei den Pflanzen sehr verbreitete Erscheinung ist,

¹⁾ Jentys, „O śródrobinowem oddychaniu roślin“, Kosmos 1882.

sondern dass der Alkohol vielfach auch in den Pflanzen, welche unter normalen Bedingungen in freier Luft vegetierten, gefunden wird.

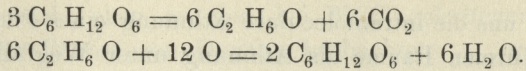
Alle diese Thatsachen machen es sehr wahrscheinlich, dass die für die intramoleculare Athmung charakteristische Glykosespaltung in Alkohol und Kohlensäure nicht nur beim Sauerstoffmangel, sondern auch unter normalen Verhältnissen in den Pflanzen stattfindet, und der sich dabei bildende Alkohol nur deshalb oft nicht nachweisbar ist, weil er sofort durch die Einwirkung des oxydierenden Sauerstoffes in andere Producte übergeführt wird.

Unter einer solchen Voraussetzung können wir uns den Verlauf des Athmungsprocesses, soweit sich derselbe auf Kosten der hydrolysierbaren Kohlenhydrate abspielt, mit einiger Wahrscheinlichkeit folgendermassen vorstellen:

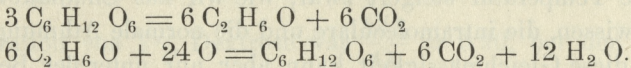
Die Kohlenhydrate von höherem Moleculargewichte werden zunächst unter dem Einflusse der entsprechenden Enzyme zu gäh- rungsfähigen Glykosen hydrolysiert, diese Glykosen werden durch Zymase in Alkohol und Kohlensäure gespalten, und erst dieser Alkohol wird wahrscheinlich sofort im Momente seiner Bildung durch den atmosphärischen Sauerstoff oxydiert. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass auch diese Oxydation des sich bildenden Alkohols durch gewisse Enzyme s. g. Oxydasen vermittelt wird, und dass je nach der Natur dieser Oxydasen die Producte dieser Oxydation verschieden sein können.

Wie erwähnt, nahm Wortmann seinerzeit an, dass der sich durch intramoleculare Athmung bildende Alkohol zu Isomeren der Essigsäure oxydiert wird. Aus diesen letzten Producten soll sich Glykose aufs neue regenerieren, um dann wieder in Alkohol und Kohlensäure gespalten zu werden. Es mag sein, dass in den Fällen, wo (wie bei den Erbsen- und Pferdebohnsamen) durch intramoleculare Athmung eben so viel Kohlensäure gebildet wird wie durch normale, die Sache sich wirklich in dieser Weise verhält. Für diese Fälle wäre es annehmbar, dass die ganze sich bei der Athmung bildende Kohlensäure durch eine der alkoholischen Gährung entsprechende Glykosespaltung entsteht, und dass der atmosphärische Sauerstoff nur dazu dient, um aus dem sich bildenden Alkohol Glykose zu regenerieren.

Für diesen Fall könnten wir uns also mit Wortmann den Athmungsprocess durch folgende Gleichung vorstellen:



Wir wissen aber heute, dass die Gleichheit der durch intramoleculare und normale Athmung sich bildende Kohlensäure nur einen speciellen Fall, welcher sich auf Erbsen- und Pferdebohnen-samen bezieht, bildet, aber durchaus keine allgemeine Geltung hat. Schon auf die keimenden Weizensamen bezieht sich das für Erbsen und Pferdebohnen gefundene nicht, obgleich die Athmung auch hier auf Kosten der Kohlenhydrate vor sich geht. Chudiakow fand, dass die keimenden Weizensamen im Wasserstoffstrome nur halb so viel Kohlensäure entwickeln wie an der Luft. Dieses Resultat stimmt mit den Wortmann'schen Gleichungen nicht. Um es mit der Voraussetzung, dass auch hier die alkoholische Gährung bei der Athmung mitwirkt, in Einklang zu bringen, muss man eine der folgenden Annahmen machen: entweder unterliegt hier nur die Hälfte der Kohlenhydrate, welche als Athmungsmaterial dienen, der alkoholischen Gährung, die andere aber wird direct zu Kohlensäure und Wasser verbrannt, oder, falls die ganze Menge dieser Kohlenhydrate im ersten Athmungsstadium vergohren sein sollte, muss angenommen werden, dass nur die Hälfte des entstehenden Alkohols durch den Sauerstoff zu Glykose regeneriert, die andere Hälfte aber zu Kohlensäure und Wasser verbrannt wird. Nach dieser zweiten Hypothese würde sich die Athmung des keimenden Weizens durch folgende Gleichungen ausdrücken lassen:



Es ist nicht anzugeben, welche von diesen beiden Möglichkeiten der Wahrheit näher steht, es muss im Gegentheil betont werden, dass die angeführten Gleichungen, welche die Differenz des möglichen Verlaufes des Athmungsprocesses bei den Erbsen und Pferdebohnen einerseits und bei den Weizensamen andererseits veranschaulichen, einen rein hypothetischen Charakter tragen sollen; nur so viel steht fest, dass der Athmungsprocess bei diesen beiden Samenarten einen verschiedenen Verlauf hat.

Auf Grund der Voraussetzung, dass die alkoholische Gährung in vielen Fällen das erste Stadium der Pflanzenathmung bildet, können wir uns über die mannigfaltigen Erscheinungen, über welche oben berichtet wurde, ziemlich leicht Rechenschaft geben. So

werden wir uns die intramoleculare Athmung eines Pflanzenobjectes im sauerstofffreien Raume als Athmung unter Wegfall seines zweiten Stadiums zu denken haben.

Wenn in einer sauerstoffarmen Atmosphäre das Verhältniss $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ bei den keimenden Weizensamen > 1 wird, so erklärt es sich dadurch, dass unter diesen Bedingungen das erste Stadium des Athmungsprocesses über den zweiten überwiegt, d. h. dass die Oxydation des sich bildenden Alkohols infolge des Sauerstoffmangels der Glykosespaltung nachsteht. Ein relativer Sauerstoffmangel kann aber manchmal in gewissen Organen auch bei den in freier Luft vegetierenden Pflanzen vorkommen. Dies ist z. B. bei den Wurzeln, welche sich in einem übermässig nassen Boden entwickeln, oder in den tief liegenden Geweben der verholzten dicken Baumäste, oder in fleischigen Knollen, Wurzeln, Früchten etc. möglich. In allen diesen Fällen kann es leicht vorkommen, dass das erste Athmungsstadium schneller als das zweite vor sich geht, und das infolge dessen in dem Gewebe solcher Pflanzenorgane sich eine gewisse Menge Alkohol ansammelt, und dass dabei das Verhältniss $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} > 1$ wird.

Dem zufolge fand Devaux gewisse Mengen Alkohol in den verholzten Aststücken verschiedener Bäume. Besonders bedeutend war diese Alkoholmenge dann, wenn diese Aststücke vor der Untersuchung eine Zeit lang im Thermostaten bei 35°C gehalten wurden. Die Temperatur steigert zwar, wie wir aus Chudiakow's Versuchen wissen, die intramoleculare und die normale Athmung gleichmässig, diese Gleichmässigkeit kann aber nur unter der Bedingung bestehen, wenn es den normal athmenden Zellen an Sauerstoff nicht fehlt. Innerhalb dicker Pflanzenorgane, wo der Gasaustausch erschwert ist, kann es leicht vorkommen, dass bei einer höheren Temperatur der Sauerstoffverbrauch derart beschleunigt wird, dass in den tieferen Gewebeschichten ein Mangel an O sich fühlbar macht, wodurch ein Ueberwiegen der Bildung des Alkohols über seine Oxydation herbeigeführt werden muss. Dieses Ueberwiegen des ersten Athmungsstadiums über das zweite muss aber eine gewisse Ansammlung des Alkohols in dem Gewebe und eine Vergrösserung des Verhältnisses $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ zur Folge haben. Das eine wie

das andere wurde eben an den bei 35°C gehaltenen verholzten Aststücken der Bäume von Devaux beobachtet.

Es ist leicht möglich, dass nicht nur durch den erschwerten Luftzutritt, sondern auch durch andere Umstände ein Ueberwiegen des einen Athmungsstadiums über das andere hervorgerufen werden kann. Die Concentration der Säfte, eine mehr oder weniger saure oder alkalische Reaction derselben, oder irgend welche andere Umstände, welche die Wirkung oder die Bildung der verschiedenen Enzyme zu beeinflussen im Stande wären, können möglicher Weise auch eine Bevorzugung des einen Athmungsstadiums über das andere verursachen. Nun muss jede Bevorzugung des ersten Athmungsstadiums (alkoholische Gährung) eine Ansammlung des Alkohols und eine Vergrößerung des Verhältnisses $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$, jede Bevorzugung des zweiten, im Falle der Anwesenheit des Alkohols in den Geweben, sein Verschwinden und eine Verminderung des Verhältnisses $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ hervorrufen.

In einer jüngst publicierten Arbeit fand Puriewitsch¹⁾, dass das Verhältnis $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ bei der Athmung von *Aspergillus niger* in hohem Grade von der Concentration der Nährlösung beeinflusst wurde. Charakteristisch ist, dass eben in dem Falle, wo als Nährmaterial Dextrose verwendet wurde, die Schwankungen dieses Verhältnisses je nach der Concentration besonders stark waren. Bei der Concentration von 2% Dextrose war $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = 0.90$, bei der Concentration von 10% steigerte es sich auf 1.18, bei einer noch höheren Concentration war es wieder kleiner.

Es wäre zu untersuchen, ob die Ursache dieser Schwankungen nicht darin zu finden wäre, dass die Concentration von 10% besonders günstig für die zymatische Dextrospaltung beim *Aspergillus* ist, wodurch bei dieser Concentration ein Ueberwiegen der Alkoholbildung über seine Oxydation verursacht werde. Falls es so wäre, müsste in diesem Falle Alkohol in der Nährlösung nachweisbar sein, was aber Puriewitsch nicht untersucht hat.

¹⁾ Puriewitsch „Physiologische Untersuchung über Pflanzenathmung“ Jahr. Wiss. Bot. B. 35, Nr. 4, 1900.

Durch ein Ueberwiegen aus unbekanntem Gründen des ersten Athmungsstadiums über das zweite erklärt sich wahrscheinlich auch die Thatsache, dass Berthelot in vielen Fällen die Anwesenheit des Alkohols in den im Freien vegetierenden Pflanzen z. B. in den Weizenpflanzen nachgewiesen hat.

Es bliebe noch zu erörtern, ob der Pflanzenathmung immer die alkoholische Gährung als ihr erstes Stadium vorausgeht, oder ob sie auch unabhängig von derselben durch directe Oxydation des ursprünglichen Athmungsmaterials vor sich gehen kann?

Auf diese Frage ist zu antworten, dass die alkoholische Gährung als erstes Stadium der normalen Athmung nur dann anzunehmen ist, wenn die Athmung sich auf Kosten einer Glykose oder eines sich zu einer Glykose hydrolysierenden Kohlenhydrates vollzieht, denn nur Glykosen können der spaltenden Wirkung der Zymase unterliegen. Besteht also das Athmungsmaterial nicht aus hydrolysierbaren Kohlenhydraten sondern aus anderen Verbindungen, so muss die Athmung sich ohne transitorische Alkoholbildung vollziehen, vorausgesetzt dass diese Verbindungen nicht vorerst zu einer Glykose umgewandelt werden.

Dadurch wird erklärbar, dass im Falle, wo sich die Athmung auf Kosten solcher Verbindungen wie Fetten, organischen Säuren etc. vollzieht, die Kohlensäurebildung sofort nach der Abschliessung des Sauerstoffzutrittes auf ein Minimum reducirt wird. Auch fand Referent¹⁾, dass bei den keimenden Rettigsamen durch Verminderung des Sauerstoffgehaltes der Luft die Kohlensäurebildung ebensoviele wie die Sauerstoffaufnahme geschwächt wurde. Diese Thatsache ist eben vom Referenten als Haupteinwand gegen den Zusammenhang der intramolecularen mit der normalen Athmung angeführt worden. In Bezug auf den speziellen Fall der Athmung der Rettigsamen und auf analoge Fälle, wo das Athmungsmaterial nicht aus Kohlenhydraten besteht, ist dieser Einwand vollkommen berechtigt, er kann aber heute nicht mehr für die überwiegende Mehrzahl derjenigen Fälle gelten, wo irgend eine Glykose oder ein zu Glykose hydrolysierbares Kohlenhydrat das Athmungsmaterial bildet.

Diakonow²⁾ hat bei *Penicilium* und *Aspergillus* im Wasserstoffstrom eine ziemlich ausgiebige intramoleculare Athmung be-

¹⁾ Godlewski l. c. ²⁾ Diakonow l. c.

obachtet, wenn die Nährstofflösung Glykose enthielt, aber nur eine verschwindend kleine, wenn diesen Pilzen anstatt der Glykose andere Nährmaterialien verabreicht wurden, obgleich die normale Athmung bei diesen Nährmaterialien eine ziemlich intensive war. Chudiakow¹⁾ hat sogar eine ganz ähnliche Beobachtung an dem Hefepilz gemacht. In den Nährlösungen, welche neben dem Pepton keine Glykose sondern Glycerin, Chinasäure oder sogar Milchzucker enthielten, bildete der Hefepilz ziemlich reichlich Kohlensäure, wenn durch das Gefäß Luft geleitet wurde, diese Kohlensäurebildung wurde aber sofort ausserordentlich schwach, wenn man die Luft durch den Wasserstoffstrom verdrängte. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, dass auch bei dem Hefepilze, sobald derselbe sein Nähr- und Athmungsmaterial nicht aus den Glykosen sondern aus anderen unvergärbaren organischen Verbindungen schöpft, die Athmung auf einer unmittelbaren Oxydation des Athmungsmateriales beruht.

Aus allen diesen Betrachtungen geht zur Genüge hervor, dass die chemischen Processe, welche sich bei der Sauerstoffathmung abspielen, nicht auf ein gemeinsames Schema zurückgeführt werden können, sondern dass ihr Verlauf je nach dem Athmungsmateriale und nach der Natur der bei diesen Processen mitwirkenden Enzyme ein verschiedener sein muss. Unseren derzeitigen Kenntnissen nach wäre es möglich, zwei Typen des Athmungsverlaufes zu unterscheiden: Die Athmung unter der Mitwirkung der alkoholischen Gährung im Falle, dass das Athmungsmaterial aus Glykosen oder aus zu Glykose sich hydrolysierenden Kohlenhydraten besteht, und in allen übrigen Fällen die Athmung, welche auf einer mehr unmittelbaren Oxydation des Athmungsmateriales beruht. Es ist nicht unmöglich, dass oft in demselben Objecte sogar in derselben Zelle die Athmung gleichzeitig nach diesen beiden Typen verläuft, d. h. dass sie theils auf einer unmittelbaren Oxydation des unvergärbaren Materials, theils auf der Mitwirkung der alkoholischen Gährung beruht.

Die Intensität der Kohlensäurebildung im sauerstofffreien Raume im Verhältnisse zur Schnelligkeit derselben bei der normalen Athmung hängt wahrscheinlich in erster Linie davon ab, welchen

¹⁾ Chudiakow: „Ueber die alkoholische Gährung“, Landwirthschaftl. Jahrb. B. 23, S. 490.

Antheil die alkoholische Gährung bei der Athmung nimmt. Je grösser dieser Antheil ist, desto stärker wird auch die Kohlensäurebildung nach dem Abschlusse des Sauerstoffzutrittes. Aber auch das Schicksal, welches der sich im ersten Athmungsstadium bildende Alkohol im zweiten Stadium erleidet, konnte, wie das schon oben, beim Vergleiche von Erbsen- und Weizensamenathmung erlauert wurde, mit der verhältnissmässigen Intensität der Kohlensäurebildung ohne oder bei Luftzutritt im Zusammenhange stehen.

Diesen verschiedenen Möglichkeiten entsprechend, fand auch Chudiakow in seiner schon mehrfach citierten Arbeit, dass das Verhältnis $\frac{I}{N}$ (das Verhältnis der intramolecularen zur normalen Athmung) bei verschiedenen Pflanzenobjecten ein sehr verschiedenes ist. Es schwankte sogar bei verschiedenen Samenindividuen einer und derselben Pflanze, obwohl es in einem und demselben Versuche (also bei denselben Individuen) sich von der Temperatur unabhängig erwiesen hat, ungeachtet dessen, dass die Intensität der Athmung ganz ausserordentlich von der Temperatur beeinflusst wurde.

Es bliebe noch die Frage zu bertuhren, ob die intramoleculare Athmung immer auf der alkoholischen Gährung beruht, oder ob diese letzte nur einen speziellen Fall der ersten bildet. Die Antwort auf diese Frage kann nur in Bezug auf die höheren Pflanzen zweifelhaft sein, da es wohl bekannt ist, dass die intramoleculare (anerober) Athmung der Mikroorganismen auf sehr verschiedenen chemischen Processen beruhen kann. Wie zahlreich die verschiedenen Gahrungsprocesse sind, so zahlreich sind auch die verschiedenen intramolecularen Athmungsformen, da ja jede verschiedene unter Luftabschluss mögliche Gährung nichts anderes ist als eine besondere Form der intramolecularen Athmung eines bestimmten Mikroorganismus. Buttersäuregährung, Methangahrung, Fäulnis der Eiweissstoffe müssen ja ebenso wie die Alkoholgahrung als spezielle Formen der intramolecularen Athmung bestimmter Mikroorganismen aufgefasst werden.

Es frägt sich aber, ob es auch bei den höheren Pflanzen vorkommt, dass anstatt des Alkohols und der Kohlensäure andere Producte durch intramoleculare Athmung gebildet werden. Streng genommen ist die Identität der intramolecularen Athmung der höheren Pflanzen mit der alkoholischen Gährung nur an Birnen

durch die Versuche von Lechatier und Bellamy und an Erbsensamen durch die vorliegende Arbeit bewiesen. Ungeachtet dessen darf man, wie das schon früher motiviert wurde, mit allergrösster Wahrscheinlichkeit annehmen, dass überall dort, wo die Athmung auf Kosten der hydrolysierbaren Kohlenhydrate vor sich geht, die intramoleculare Athmung mit der alkoholischen Gährung identisch ist.

Besteht das Athmungsmaterial nicht aus hydrolysierbaren Kohlenhydraten, sondern aus anderen organischen Verbindungen, welche bei der Athmung einer unmittelbaren Oxydation unterliegen, so ist iberhaupt die intramoleculare Athmung im sauerstofffreien Raume sehr unbedeutend. Ob nun die geringe Kohlensäuremengen, welche dabei produciert werden, aus den Spuren von Glykose, welche doch in den Zellen vorhanden sein kann, durch eine sehr schwache alkoholische Gährung entstehen, oder ob sie anderen chemischen Processen ihren Ursprung verdanken, wissen wir derzeit nicht. Wir können demnach nicht angeben, ob bei den höheren Pflanzen ähnlich wie bei den Mikroorganismen ausser der alkoholischen Gährung auch noch andere Formen der intramolecularen Athmung bestehen.

Wollen wir unter den Begriff der intramolecularen Athmung auch alle die chemischen Prozesse unterordnen, bei welchen aus irgend einer organischen Verbindung Kohlensäure abgespalten wird unter Bildung einer Verbindung, welche sauerstoffärmer ist als die ursprüngliche, so wären sehr viele sich in der Pflanzenzelle abspielenden Prozesse in die Kategorie der intramolecularen Athmung einzureihen.

Jede Umwandlung einer sauerstoffreicheren in eine sauerstoffarmere Verbindung, wie z. B. der Kohlenhydrate in Fette, aetherische Oele oder Harze, ist mit einer solchen Kohlensäureabspaltung verbunden und wäre demnach gewissermassen als eine Form der intramolecularen Athmung aufzufassen. Aber diese Umwandlungen spielen sich in frei vegetierenden Pflanzen bei Luftzutritt neben der normalen Athmung ab, ob sie auch unter Luftabschluss als typische intramoleculare Athmung stattfinden können, ist unbekannt.

Zusammenstellung der Hauptresultate:

1. Das Verhältnis des gebildeten Alkohols zur ausgeschiedenen Kohlensäure bei der intramolecularen Athmung der in sauerstofffreiem Wasser liegenden Erbsensamen entspricht vollkommen demjenigen der alkoholischen Gährung.

2. Die Menge des Alkohols, welche bei der intramolecularen Athmung der in reinem Wasser liegenden Erbsensamen sich bildet, kann bis zu 22% der ursprünglichen Trockensubstanz der Samen erreichen.

3. Die intramoleculare Athmung der Erbsensamen vollzieht sich auf Kosten ihrer Kohlenhydrate und namentlich ihrer Reservestärke.

4. Wenn die Erbsensamen nicht in reines Wasser sondern in eine Glykoselösung gebracht werden, so vergähren sie auch einen Theil derselben zu Kohlensäure und Alkohol, so dass in diesem Falle die Menge des gebildeten Alkohols 27% der Trockensubstanz der Samen erreichen kann.

5. Werden die Erbsensamen in Rohrzuckerlösung gebracht, so invertieren sie dieselbe und vergähren einen Theil des dadurch gebildeten Invertzuckers.

6. Ausser Kohlensäure und Alkohol bilden sich bei der intramolecularen Athmung keine anderen Producte in einer Menge, welche die der Nebenproducte der gewöhnlichen alkoholischen Gärung überstiege.

7. Asparagin wird bei der intramolecularen Athmung der Erbsensamen aus dessen Proteinstoffen nicht gebildet.

8. Aus den Sätzen 1 bis 6 folgt, dass die intramoleculare Athmung der Erbsensamen mit der alkoholischen Gärung identisch ist.

9. Aus den Sätzen 3 bis 5 folgt, dass die Verzuckerung der Stärke und die Inversion des Rohrzuckers ohne Sauerstoffzutritt in den Erbsensamen stattfinden kann, wodurch es wahrscheinlich wird, dass zur Bildung der Enzyme, wie der Diastase und Invertase, bei den Pflanzen der Sauerstoffzutritt nicht unbedingt nothwendig ist.

10. Die Erbsensamen, in eine Salpeterlösung gebracht, scheinen den Salpeter theilweise zu reducirern, wobei die Zersetzungsproducte der Salpetersäure nach wenigen Tagen den Tod der Samen verursachen.

11. Die intramoleculare Athmung der in sauerstofffreiem Wasser liegenden Samen dauert mehrere Wochen lang, wobei die Kohlensäurebildung zunächst schwach ist, dann eine Beschleunigung erfährt, am dritten oder vierten Tage ein Maximum erreicht, auf demselben sich eine zeitlang (etwa 1 bis 2 Wochen oder mehr)

erhält und dann ganz allmählich absinkt, um endlich gänzlich aufzuhören.

12. Bei einer höheren Temperatur vollzieht sich die intramoleculare Athmung weit energischer, sie dauert aber entsprechend kürzer als bei niedriger, so dass die ganze Menge des von den Samen durch die intramoleculare Athmung gebildeten Alkohols und der Kohlensäure von der Temperatur unabhängig ist.

13. Die Befähigung verschiedener Samenarten zur intramolecularen Athmung ist sehr verschieden, am höchsten scheint sie bei den Leguminosen (Erbsen, Pferdebohnen), schwächer bei den Getreidesamen und am schwächsten bei den Oelsamen zu sein.

14. In Rücksicht auf die grosse Verbreitung der Alkoholbildung bei den Pflanzen ist es sehr wahrscheinlich, dass die Identität der intramolecularen Athmung mit der alkoholischen Gährung, welche für die Erbsensamen nachgewiesen wurde, sich auf alle diejenigen Fälle bezieht, in welchen Glykosen oder die zu denselben hydrolysierbaren Kohlenhydrate das Athmungsmaterial bilden.

15. Wo sich die normale Athmung nicht auf Kosten der hydrolysierbaren Kohlenhydrate, sondern auf Kosten anderer organischen Verbindungen vollzieht, dort ist, so weit bekannt, die intramoleculare Athmung ausserordentlich schwach, und es bleibt unentschieden, ob sie dann auch auf der alkoholischen Athmung beruht.

16. Die intramoleculare Athmung im Sinne der alkoholischen Gährung bildet unter normalen Bedingungen aller Wahrscheinlichkeit nach das erste Stadium der normalen Athmung in allen denjenigen Fällen, wo sich dieselbe auf Kosten der hydrolysierbaren Kohlenhydrate vollzieht.

17. Wo nicht hydrolysierbare Kohlenhydrate sondern andere organische Verbindungen das Material für die Athmung liefern, beruht diese Athmung auf einer mehr unmittelbaren Oxydationswirkung des Sauerstoffes (vielleicht unter Vermittelung der Oxydasen), die alkoholische Gährung hat dabei nichts zu thun, und ein unmittelbarer genetischer Zusammenhang der intramolecularen mit der normalen Athmung existiert für diese Fälle wahrscheinlich nicht.

18. Das Verhältnis der Intensitäten der intramolecularen einerseits und der normalen Athmung andererseits zu einander hängt in erster Linie davon ab, ob hydrolysierbare Kohlenhydrate oder

andere organische Verbindungen das Athmungsmaterial liefern, in zweiter Linie auch davon, welche Producte aus der Oxydation des bei dem ersten Athmungsstadium sich bildenden Alkohols entstehen.

19. In Rücksicht auf die Sätze 15 bis 18 darf man annehmen, dass die chemischen Processe, welche sich bei der Athmung der Pflanzen abspielen, nicht auf ein gemeinsames Schema zurückzuführen sind, sondern dass sie in verschiedenen Fällen einen verschiedenen Verlauf haben.

25. PUBLICATIONS DE LA CLASSE.

Le Secrétaire dépose sur le bureau les dernières publications de la Classe:

„Rozprawy Akademii Umiejętności. Wydział matematyczno-przyrodniczy. Serya II, tom XVIII, ogólnego zbioru tom 38“, (*Travaux de la Classe, vol. 38, 8-0, p. 389, 11 planches et 25 gravures*). (*Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe, 38 Bd., 8-0, 389 S. mit 11 Tafeln und 25 Abbildungen*).

S. Droba. „O tworach olbrzymich w tkankach gruźliczych“ (*Sur les cellules géantes dans le tissu tuberculeux*). — (*Ueber Riesengebilde in tuberculösen Geweben*).

B. Miklaszewski i S. Niementowski. „Stydium porównawcze trzech izomerych (β)-aminofenylbenzimidazoli“. (*Sur les trois isomères (β -phénylbenzimidazoles*). — (*Vergleichendes Studium der drei isomeren (β -Aminophenylbenzimidazole*).

K. Żorawski. „O zachowaniu ruchu wirowego“. (*Sur la conservation du mouvement tourbillonnaire*). — (*Ueber die Erhaltung der Wirbelbewegung*).

K. Żorawski. „O pewnych zmianach długości liniowych elementów podczas ruchu ciągłego układu materyalnych punktów. Część pierwsza“. (*Sur certaines catégories de variations d'éléments linéaires pendant le mouvement d'un système continu de points. Première partie*). — (*Ueber gewisse Aenderungsgeschwindigkeiten von Linienelementen bei der Bewegung eines kontinuierlichen materiellen Systems. Erste Mittheilung*).

Br. Znатовicz. „Działanie azotynu srebra (Ag NO_2) na pochodne chlorowcowe ciał aromatycznych“. (*Sur la réaction entre Ag NO_2 et les dérivés chloriques de la série aromatique*). — (*Ueber die Einwirkung von Silbernitrit auf die aromatischen Halogensubstitutionsproducte*).

Nakładem Akademii Umiejętności

pod redakcją Sekretarza Wydziału matem.-przyr. Dra Józefa Rostafińskiego.

Kraków, 1901. — Drukarnia Uniwersytetu Jagiellońskiego, pod zarządkiem J. Filipowskiego.

6 Maja 1901.

