

# Über das Vorkommen des Coferments der alkoholischen Hefegärung im Muskelgewebe und seine mutmaßliche Bedeutung im Atmungsmechanismus.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von

Otto Meyerhof.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Kiel.)

(Der Redaktion zugegangen am 7. November 1917.)

Es ist bekanntlich von Harden und Young gezeigt worden, daß Hefepreßsaft die Fähigkeit zur Zuckervergärung durch längere Dialyse oder Ultrafiltration mit anschließender Waschung des Rückstandes verliert, sie aber durch Zugabe des eingeengten Dialysats oder Ultrafiltrats wiedergewinnt.<sup>1)</sup> Statt dieser Zusätze kann auch gekochter und filtrierter Preßsaft («Kochsaft») zur Wiedererweckung der Gärung benutzt werden. Das auf diese Weise aufgefundene dialysable und kochbeständige Coferment ist noch in manchen Hinsichten näher charakterisiert worden, ohne daß seine chemische Natur und seine Rolle bei der Gärung aufgeklärt sind. Es ist bisher nur in Hefeextrakten nachgewiesen worden.

Ich habe nun gefunden, daß es sich mit Leichtigkeit aus der Muskulatur, aber auch noch aus andern Geweben, z. B. der Leber, gewinnen läßt und zwar beim Kaltblüter (Frosch) wie beim Säugetier (Ratte, Kaninchen).<sup>2)</sup> Wengleich die chemische Identität mit dem

<sup>1)</sup> Proc. Roy. Soc. B. 1906, Bd. 77, S. 405.

<sup>2)</sup> Auch aus Lunge, Niere (Kaninchen), Ovarien (Frosch), nicht aus Blutserum.

in der Hefe vorkommenden Coferment natürlich nicht direkt feststellbar ist, und bisher auch nicht eingehend genug geprüft worden ist, so stimmt es doch in wesentlichen Eigenschaften, z. B. der beschränkten Thermostabilität, mit diesem überein, vor allem aber eben in der Fähigkeit, gewaschenen gärunwirksamen Ultrafiltrationsrückstand von Hefeextrakt zur Gärung zu aktivieren.

Zur Gärung benutzte ich Hefemacerationssaft (Lebedew), dessen Verhalten mit dem Hefepreßsaft in allen hier in Betracht kommenden Eigenschaften übereinstimmt, außer dem Vorzug, keine Selbstgärung aufzuweisen. Die Ultrafiltration und anschließende Waschung geschah mit einer Zsigmondyschen Nutsche durch Kollodiumfilter, wie ich es kürzlich für den Macerationssaft genau beschrieben habe.<sup>1)</sup> Zur vollständigen Entfernung des Coferments muß der Rückstand auf dem Ultrafilter mehrfach mit so viel destilliertem Wasser gewaschen werden, daß eine mindestens 100fache Verdünnung der dialysierbaren Bestandteile des Rückstandes eintritt — bei sehr wirksamem Saft, der mir in letzter Zeit aber nicht zur Verfügung stand, eine noch stärkere. Zur Prüfung der Abwesenheit des Coferments wurde nach Hardens Vorschlag<sup>2)</sup> zu meist die Vergärung von Fruktose in An- und Abwesenheit einer bestimmten Menge von  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  benutzt, weil hierbei weniger Unregelmäßigkeiten als bei der Vergärung der Glukose auftreten; doch überzeugte ich mich, daß auch Glukose von gärunwirksamem Rückstand nach Zugabe von Muskelextrakt vergoren werden kann. Der Hefemacerationssaft, den ich aus von mir selbst verarbeiteter Berliner Unterhefe herstellte, zeigte ebenso wie der aus diesjähriger Münchener Trockenhefe (von A. Schroder bezogen) eine erhebliche Verzögerung der Angärung (vielleicht in Zusammenhang mit der Kriegsernährung der Hefe) und zwar stärker bei Vergärung der Fruktose als der Glukose, während Rohrzucker am schnellsten angegoren wurde. Um hierdurch keinen Täuschungen zu unterliegen, machte ich mir die Beobachtung zunutze, daß der Zusatz einer

<sup>1)</sup> Pflügers Archiv, Bd. 170 (1917), im Erscheinen begriffen.

<sup>2)</sup> «Alcoholic Fermentation», S. 57 (1911).

ganz geringen Menge hexosediphosphorsauren Natriums diese Verzögerung vollständig beseitigt.<sup>1)</sup> Dieser Zusatz erscheint mir nach meinen Erfahrungen besonders bei der Prüfung gewaschenen Rückstandes auf Abwesenheit von Coferment recht wichtig, da sich gelegentlich zeigte, daß ungenügend gewaschener Rückstand (30—50fache «Dialysatverdünnung») zwar spontan nicht mehr gährte, wohl aber noch nach Zusatz von Hexosephosphat, also noch wirksames Coferment enthielt. Die Gärungsmessung geschah für genauere Versuche und kurze Zeiten nach der Methode von Warburg-Dorner<sup>2)</sup> mit Barcroftschcn Blutgasmanometern bei 25°. Diese Methode ist fast zu empfindlich bei dem stark gärenden Saft und es können so kleine Mengen benutzt werden, wie es die Abmeßbarkeit in Pipetten gestattet. Es wurde 0,5 - 0,6 ccm Saft, bezw. der Rückstand desselben gebraucht, durch Zusätze auf 1,0—1,2 ccm gebracht. Das Volumen der Gefäße betrug 43 ccm; die Druckzunahmen wurden in kürzeren Zeiten (10—20 Min.) gemessen und für die angegebenen längeren Zeiten addiert. Da stets eine größere Menge Phosphat zugegeben wurde (0,1 ccm molar oder halb-molar  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), fand am Anfang eine starke Steigerung der Gärung statt, die nach 1—2 Stunden abfiel.<sup>3)</sup> Daher sind die Ausschläge relativ um so größer, je kürzer die Versuchszeiten sind. Für längere Zeiten und etwas größere Mengen Saft (1,5 ccm, durch Zusätze auf 2,8 ccm gebracht) bediente ich mich der volumetrischen Messung der Kohlensäure in graduierten Eudiometerröhren über Quecksilber bei Zimmertemperatur (18°) unter Zugabe von Toluol. Diese viel verwandte und noch bequemere Methode gestattet vor allem, die Gärung durch Tage, eventuell bis zum totalen Umsatz des Zuckers, zu verfolgen. Zu genaueren Messungen kann sie nicht dienen, insbesondere nicht zum Nachweis geringer Kohlensäuremengen und bei Benutzung größerer Flüssigkeitsvolumina als den hier verwandten, weil ja die Kohlensäure bis zur maximalen Sättigung der Flüssigkeit in dieser zurückbleibt.

<sup>1)</sup> Vgl. dazu Pflügers Archiv a. a. O.

<sup>2)</sup> Diese Zeitschr., Bd. 81, S. 99 (1912).

<sup>3)</sup> Cf. Harden, a. a. O., S. 65 ff.

Bei den Messungen in Barcroftmanometern ergibt sich, daß die anfängliche Gärungsgeschwindigkeit des inaktiven Rückstandes nach Zugabe von gekochtem Muskelextrakt unter den von mir gewählten Bedingungen etwa ein halb bis zwei Drittel so groß ist, wie nach Zusatz der gleichen Menge Hefekochsafts. Die Messungen in Eudiometerröhren gestatten andererseits den Nachweis, daß bei Anwesenheit des Muskelextrakts 3%ige Fruktose in 24—48 Stunden ebenso weit (annähernd vollständig) vergoren werden kann, wie bei der von Hefekochsaft, daß die Beständigkeit des Coferments also in beiden ähnlich ist.

Der Extrakt aus Muskulatur wurde gewonnen, indem die Muskeln (Hinterbeine des Froschs bzw. der Ratte), fein zerschnitten, mit dem gleichen Gewicht destillierten Wassers versetzt und zum Kochen erhitzt wurden. Der Extrakt wurde abfiltriert (= Muskelkochsaft). Das Kochen ist unerläßlich.<sup>1)</sup>

#### Versuchsbeispiele:

##### A. Mit Barcroft-Manometer (Temp. 25°).

1. Je 1,1 ccm Flüssigkeit, darin 0,1 ccm m-KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0,1 ccm 0,05 m-Na-Hexosephosphat, 0,2 ccm 20%ige Fruktose (Lävulose puriss. Merck), und die angegebenen Extraktmengen.

Gebildete CO <sub>2</sub> in ccm (0°, 760 mm) in Zeiten	1 Std.	2 Std. 20'
a) 0,6 cm Macerationssaft . . . . .	3,43	5,0
b) 0,2 ccm dreifach eingedickter Rückstand mit 250 fachem Vol. Wasser gewaschen . . . . .	0,06	0,09
c) 0,2 ccm gleicher Rückstand + 0,6 ccm Hefekochsaft . . . . .	3,60	5,00
d) 0,2 ccm gleicher Rückstand + 0,6 ccm Muskelkochsaft (Frosch) . . . . .	2,02	3,08

<sup>1)</sup> Daß kalter Muskelauszug ganz unwirksam ist, wurde dahin aufgeklärt, daß derselbe einen thermolabilen Hemmungskörper enthält, der durch Angriff an der Zymase (nicht dem Coferment) die Gärung hemmt.

2. Je 1,0 ccm Flüssigkeit, darin 0,1 ccm  $m/s$ - $KH_2PO_4$ ; 0,1 ccm 0,05 m-Hexosephosphat, 0,1 ccm 50%ige Fruktose und die Extraktmengen.

CO <sub>2</sub> in ccm in	1 Std.	3 Std. 50'
a) 0,5 ccm Macerationssaft . . . . .	2,7	4,65
b) 0,15 ccm 3fach einged. Rückstand, mit 1:300-fachem Vol. Wasser gewaschen; ohne Phosphatzusatz . . . . .	0,02	0,02
c) 0,15 ccm gleicher Rückstand (mit Phoshat) . . . . .	0,02	0,04
d) 0,15 ccm gleicher Rückstand + 0,5 ccm Hefekochsaft . . . . .	1,42	3,0
e) 0,15 ccm gleicher Rückstand + 0,5 ccm Muskelkochsaft (Frosch) . . . . .	1,32	2,28
f) 0,15 ccm gleicher Rückstand + 0,2 ccm Muskelkochsaft (Frosch) . . . . .	0,54	1,12

3. Je 1,2 ccm Flüssigkeit, darin 0,1 ccm  $m/s$ - $KH_2PO_4$ ; 0,1 ccm Hexosephosphat, 0,2 ccm 20%ige Fruktose und die Extraktmengen:

CO <sub>2</sub> in ccm in	1 Std. 50'	4 Std.
a) 0,6 ccm Macerationssaft . . . . .	4,22	5,80
b) 0,3 ccm 2fach eingedickter Rückstand, mit 80fach Wasser gewaschen . . . . .	0,06	0,09
c) 0,3 ccm Rückstand + 0,6 ccm Hefekochsaft . . . . .	4,17	5,60
d) 0,3 ccm Rückstand + 0,6 ccm Muskelkochsaft (Ratte) . . . . .	2,22	3,00

**B. Mit Eudiometerröhrchen (Temp. 18°).**

4. Je 2,8 ccm Flüssigkeit, darin 0,2 ccm m- $KH_2PO_4$ , 0,2 ccm Hexosephosphat, 0,4 ccm 20%ige Fruktose, 0,1 ccm Toluol und Extraktmengen.

CO <sub>2</sub> in ccm in Stunden	2	4	16	24	40
a) 1,5 ccm Macerationssaft . . . . .	6,6	8,5	10,0	10,5	11,0
b) 0,6 ccm 3fach eingedickter Rückstand mit 175fach Wasser gewaschen . . . . .	0	0	0	0	0
c) desgl., aber ohne Phosphatzusatz . . . . .	0	0	0	0	0
d) 0,6 ccm Rückstand + 1,3 ccm Hefekochsaft . . . . .	3,0	6,0	10,0	10,4	11,0
e) 0,6 ccm Rückstand + 1,3 ccm Muskelkochsaft (Frosch) . . . . .	2,3	4,5	9,8	11,5	12

5. Je 2,9 ccm Flüssigkeit, darin 0,2 ccm  $m/2$ - $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0,1 ccm Hexosephosphat, 0,4 ccm 20%ige Fruktose, 0,1 ccm Toluol und die Extraktmengen.

$\text{CO}_2$ in ccm in Stunden	2	4	17	26	48
a) 1,5 ccm Macerationsaft. . . . .	4,0	5,3	9,0	10,0	10,5
b) 0,7 ccm 2fach eingedickter Rückstand mit 80fach Wasser gewaschen . . . . .	0	0	0	0	0
c) dto., aber ohne Phosphatzusatz	0	0	0	0	0
d) 0,7 ccm Rückstand + 1,5 ccm Muskelkochsaft (Ratte) . . . . .	1,0	1,5	3,8	5,2	7,5

Mit der Bildung von 11—12 ccm Kohlensäure ist unter Berücksichtigung des in der Flüssigkeit gelöst bleibenden Kohlensäurevolumens und der Verluste beim Umfüllen die zugesetzte Zuckermenge fast vollständig umgesetzt. (Nach Buchner entgehen etwa 15% Zucker dem Umsatz zu Alkohol und Kohlensäure.<sup>1)</sup>)

Die Muskeln sind nicht das einzige tierische Organ, das das Coenzym der Gärung enthält. Bisher habe ich es auch noch in der Leber gefunden. Der Extrakt aus Leber wurde auch durch Kochen der feinzerschnittenen Froschlebern mit dem gleichen Volumen Wasser und Filtration gewonnen.

Beispiel:

6. Je 1,2 ccm Flüssigkeit, darin  $m/2$ - $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0,1 ccm Hexosephosphat, 0,2 ccm 20%ige Glukose.

$\text{CO}_2$ in ccm in	1 Std.	2 Std. 20'
a) 0,2 ccm 3fach eingedickter Rückstand, mit 860-fach Wasser gewaschen . . . . .	0,03	0,04
b) 0,2 ccm vom gleichen Rückstand + 0,6 ccm Hefekochsaft . . . . .	1,95	2,74
c) 0,2 ccm Rückstand + 0,6 ccm Muskelkochsaft (Frosch) . . . . .	1,01	1,34
d) 0,2 ccm Rückstand + 0,6 ccm Leberkochsaft (Frosch) . . . . .	0,65	0,80

<sup>1)</sup> „Zymasegärung“, S. 214.

Daß es sich bei den Gärungsaktivierungen tatsächlich um die Wirkung eines Coferments handelt und nicht um sonstige Milieubedingungen, wurde durch vielfältige Kontrollen sichergestellt. Weder die Zugabe von Glykogen, noch von milchsaurem oder brenztraubensaurem Natrium veranlaßte in An- oder Abwesenheit von Fruktose den cofermentfreien, gewaschenen Rückstand zu einer irgendwie merklichen Gärung. Das brenztraubensaure Na wird zwar, nach der Entdeckung Neubergs, selbst und zwar ohne Mitwirkung des Coferments vergoren. Aber die aus 1 ccm einer 0,1%igen Lösung ( $= \frac{n}{100}$ ) im ganzen gewinnbare  $\text{CO}_2$ -Menge beträgt nur 0,2 ccm und ist obendrein wohl schon vor Beginn der Messungen größtenteils abgegeben. Eine höhere Konzentration als 0,2% (entsprechend 0,5 ccm Muskelkochsaft) liegt aber im Muskelextrakt keinesfalls vor. Eine Stimulierung der Zuckergärung durch brenztraubensaures Na, wie sie von Oppenheimer<sup>1)</sup> und Neuberg<sup>2)</sup> beschrieben ist, findet andererseits bei völlig coenzymfreiem Rückstand nicht mehr statt. Ferner ist auch die Gärungsgeschwindigkeit bei Zugabe von Muskelextrakt und Hexosephosphat zum Rückstand, aber Abwesenheit von Zucker höchstens ein Fünftel von der bei Anwesenheit desselben — es handelt sich dabei um die Vergärung des Hexosephosphats und wohl auch des Muskelglykogens —; aus all dem geht hervor, daß etwaige ohne Mitwirkung von Coenzym vergärende Substanzen im Muskelextrakt für die beobachtete  $\text{CO}_2$ -Bildung nicht verantwortlich sein können.

Welche Rolle spielt nun vermutlich dies Coenzym bei der Atmung? In den erwähnten Veröffentlichungen<sup>3)</sup> habe ich die Sauerstoffatmung des Hefemacerationssafts beschrieben und ihre Zerlegung in zwei Komponenten: eine thermolabile, nicht dialysierende («Enzym») und eine beschränkt thermostabile, durch Ultrafiltration abzuscheidende («Atmungskörper»), durch deren Zusammenwirken erst die Atmung von statten geht. Es ist dabei schon darauf hingewiesen, daß dieser letztere in

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr., Bd. 93, S. 235 (1914—15).

<sup>2)</sup> Biochem. Zeitschr., Bd. 71, S. 1 (1915).

<sup>3)</sup> Pflügers Archiv.

allen bekannten chemischen Eigenschaften (beschränkte Thermostabilität, Dialysierfähigkeit, Alkoholfällbarkeit, Alkaliempfindlichkeit, sehr beschränkte Fällbarkeit durch Bleiacetat) dem Coenzym der Gärung sehr nahe steht. Das hat sich auch weiterhin bestätigt, und ich muß daher mindestens eine teilweise Identität beider annehmen, insofern als der «Atmungskörper» jedenfalls auch noch das oxydable Substrat enthält, das von dem Sauerstoffüberträger verschieden sein kann — aber nicht sein muß. In einem Fall wäre das Gärungscoferment selbst die oxydable Substanz, im andern (wahrscheinlicheren) Fall entspräche es nur einem Sauerstoffüberträger, wäre also auch ein richtiges Coenzym der Atmung. In jedem Fall ergibt sich daraus das Postulat, daß die Atmung des inaktiven Ultrafiltrationsrückstands ebenso wie durch Hefekochsaft auch durch Muskelkochsaft wieder hervorgerufen werden muß. Und das ist in der Tat vollständig der Fall. Die mit diesem letzteren wiedererweckte Atmung zeigt dieselben Gesetzmäßigkeiten wie die des Macerationssafts selbst, so die Steigerung durch Methylenblau ums mehrfache. Daneben hat der Muskelextrakt noch die Eigenschaft, die Atmung des nicht filtrierten Macerationssafts um 100% zu steigern, während die Steigerung durch Hefekochsaft nur schwach ist, sodaß infolgedessen die durch Muskelkochsaft erregte Oxydationsgeschwindigkeit des Rückstands doppelt so groß ist wie die durch Hefekochsaft erregte. Während ich wegen aller Einzelheiten auf die ausführlichen Publikationen verweisen muß, sei ein derartiger Versuch angeführt. Die Atmungsversuche werden zum Unterschied von den Gärungsversuchen bei neutraler Reaktion unter Sättigung mit Phenylurethan (wegen Bakteriengefahr) vorgenommen.

7. Je 2 ccm Flüssigkeit; Extrakte und Zusätze wie angegeben. 29°.

cmm Sauerstoff (0°, 760 mm) in	1. Std.	2. Std.
a) 1,1 ccm Macerationssaft . . . . .	34	62
b) 1,1 . . . . . + 0,9 Hefekochsaft . .	44	81
c) 1,1 . . . . . + 0,9 Muskelkochsaft	65	125

(Fortsetzung.)

ccm Sauerstoff (0°, 760 mm) in	1 Std.	2 Std.
d) 0,4 ccm 3fach eingedickter Rückstand, mit 230-fach Wasser gewaschen + 1,6 m/15-neutralem Phosphatgemisch . . . . .	1	2
e) 0,4 ccm Rückstand + 1,4 ccm Hefekochsaft . .	25	48
f) 0,4 ccm Rückstand + 1,4 ccm Hefekochsaft + 0,2 ccm 0,5%iges Methylenblau (mediz. Höchst) . .	77	125
g) 0,4 ccm Rückstand + 1,6 ccm Muskelkochsaft	47	93
h) 0,4 ccm Rückstand + 1,6 ccm Muskelkochsaft + 0,2 ccm 0,5%iges Methylenblau . . . . .	75	146
i) 1,0 ccm Hefekochsaft (ohne Rückstand) . . . .	3	6
k) 1,8 ccm Muskelkochsaft (ohne Rückstand) . . .	0	0

Dieselben Erscheinungen lassen sich nun bei der Atmung grob zerkleinerter Muskulatur nachweisen. Es ist zuerst von Batelli und Stern gezeigt worden, daß im Muskelgewebe die Atmung durch Waschen mit Wasser erlischt und durch Zugabe des Extrakts wieder hervorzurufen ist. Sie haben dafür eine Substanz «Pnein» verantwortlich gemacht.<sup>1)</sup> Verschiedene Angaben dieser Autoren über die von ihnen gefundene Gewebsatmung sind von anderer Seite bestritten worden,<sup>2)</sup> auch stimmt die Wirkung des «Pnein» mit dem «Atmungskörper» in wesentlichen Punkten nicht überein, da das Pnein die Atmung nur wenige Stunden nach dem Tode des Tieres, und nur die der festen unveränderten Strukturelemente erregen soll, die sog. «Hauptatmung», der Atmungskörper aber den Oxydationsvorgang im flüssigen Hefeextrakt und in Monate alter, gewaschener Acetondauerhefe aktiviert. Aber wie es sich auch mit den Vorstellungen der genannten Schweizer Forscher verhalten mag, so erlischt jedenfalls, wie ich finde, die Atmung grob zerkleinerter Froschmuskulatur durch mehrfaches Ausziehen mit großen Mengen Wasser voll-

<sup>1)</sup> Zusammenfassung: Abderhaldens Handbuch d. biochem. Arbeitsmethoden III, 1, 468.

<sup>2)</sup> Harden und Maclean, Journ. of Physiol., Bd. 43, S. 34. Warburg, Pflügers Arch., Bd. 158, S. 19 (1914).

ständig und wird durch Zugabe des Muskelkochsafts wieder hervorgerufen. Auch hier zeigt sich die beschränkte Thermostabilität des Atmungskörpers und die Steigerung der Oxydationsgeschwindigkeit durch Methylenblau ums mehrfache. Ebenso gut nun, wie durch Muskelkochsaft, wird die erloschene Atmung des extrahierten Muskelgewebes durch Hefekochsaft wieder hervorgerufen und zeigt die gleichen Gesetzmäßigkeiten. Auch hier sei aus zahlreichen Versuchen nur ein Beispiel angeführt.

8. Froschmuskulatur mit der Schere fein zerschnitten. 10 g werden fünfmal in 400 ccm destillierten Wassers aufgerührt und nach kurzem Stehen jedesmal durch Gaze abfiltriert; nachher durch Abpressen auf Filtrierpapier wieder auf das ursprüngliche Gewicht gebracht. Versuch ohne Phenylurethan bei 25°.

Je 2,5 ccm Flüssigkeit; alles neutralisiert (mit  $n/10$ -NaOH) auf  $p_H = 8$ .

ccm Sauerstoff in	3 Std.
a) 0,5 g ursprüngliches Muskelgewebe (nicht extrahiert) + 1,5 ccm $m/15$ - $Na_2HPO_4$ + 0,4 $n/10$ -NaOH . . . . .	127
b) 0,5 g extrahiertes Muskelgewebe + 2,0 $m/15$ - $Na_2HPO_4$ .	0
c) 0,5 g extrah. Muskelgew. + 1,8 $m/15$ - $Na_2HPO_4$ + 0,15 ccm 0,5 % iges Methylenblau . . . . .	3
d) 0,5 g extrahiertes Muskelgewebe + 1,8 ccm Hefekochsaft	113
e) 0,5 g extrahiertes Muskelgewebe + 1,8 ccm Hefekochsaft + 0,15 ccm 0,5 % iges Methylenblau . . . . .	197
f) 1,8 ccm Hefekochsaft (ohne Muskel) . . . . .	19

Aus diesen Versuchen ziehe ich den Schluß, daß das Coenzym der Gärung mit dem Atmungskörper der getöteten Hefe und des Muskelgewebes wenigstens zum Teil identisch ist. Dies Resultat stützt die schon recht alte Hypothese, für die aber bislang wenig Beweise vorlagen, daß die ersten Phasen der Atmung und Gärung nahe verwandt sind. Nehmen wir dazu die neuerliche Feststellung Embdens und Laquers, daß im Muskel die Glukose für die anaerobe Milchsäurebildung

zu Hexosediphosphorsäure verestert wird<sup>1)</sup> — ebenso wie bei der Gärung — und die Entdeckung Neubergs, daß die Vergärung der Brenztraubensäure durch Hefepreßsaft ohne Mitwirkung des Coferments von statten geht,<sup>2)</sup> so drängt sich die Vermutung auf, daß die Überführung des Zuckers in eine 3-Kohlenstoffverbindung, die dann vergoren oder oxydiert werden könnte, im Fall der Atmung und der Gärung ein ähnlicher Vorgang sein möchte und in beiden Fällen desselben Coferments bedürfte.

<sup>1)</sup> Diese Zeitschr., Bd. 93, S. 94 (1914/15) und Bd. 98, S. 181 (1916/17).

<sup>2)</sup> Biochem. Zeitschr., Bd. 51, S. 141 (1913); s. auch Harden, Biochemical Journal, Bd. 7, S. 214.