

Insekten fangen. Was er im Wasser sieht, ist zweifelhafter, möglicherweise (Ref.) zieht er beim Tauchen gewöhnlich die Membrana nictitans über das Auge und verlässt sich mithin hauptsächlich auf seinen Tastsinn. Lebender Beute pflegt der Frosch im Wasser ja wol nicht nachzujagen. Auch die meisten Menschen schließen die Augenlider, sobald sie ins Wasser springen und doch können gewandte Schwimmer bekanntlich eine ins Wasser gefallene Taschenuhr oder dergl. ganz gut heraufholen, vom Auffinden Ertrinkender oder Bewusstloser unter Wasser ganz zu schweigen. Die Tauchanzüge aber sind mit Augengläsern versehen, wie es der Salzgehalt des Meerwassers ohnehin erforderlich machen würde. Die Bemerkungen des Verf.'s über Astigmatismus der Cornea und seine sonstigen zahlreichen Messungen an toten Augen sind im Original nachzusehen, ebenso die Holzschmitte, welche den Augenhintergrund im Leben beim Frosch, Hecht und der Plötze darstellen. — Als Anhang folgt eine elementare Dioptrik der Kugellinsen: diejenigen des Hechtes, Frosches u. s. w. sind nahezu kugelförmig, bei letzterm z. B. 6 mm breit, 5 mm dick.

W. Krause (Göttingen).

## Ueber Gärung und Fermente.

Von Prof. Dr. Leo Liebermann in Budapest.

Die geheimnisvolle Kraft, welche sich in der Wirkung der Fermente äußert, übt eine mächtige Anziehung aus auf all diejenigen, die sich mit den biologischen Wissenschaften befassen. Die Unruhe, mit der die Lösung dieser Rätsel erwartet wird, ist tief begründet in der bedeutenden Rolle, welche fermentative Prozesse bei allen Lebenserscheinungen, sowol physiologischer als pathologischer Natur, als auch in vielen Zweigen der Industrie spielen, also in der Erkenntniss ihrer enormen Wichtigkeit für das Wohlergehen der Menschheit. Man kann wol sagen, dass es gegenwärtig auf dem ganzen Gebiete der Naturforschung keine Frage von solcher Aktualität, von so unmittelbarem Interesse gibt, als diese.

Wir wissen, wie mannigfachen Wandlungen die Theorien der fermentativen Prozesse unterworfen waren, müssen aber sagen, dass die Periode dieser Wandlungen auch jetzt noch nicht abgeschlossen ist, ja dass die Theorie der fermentativen Prozesse jetzt ebenso wenig fest begründet erscheint, wie vor einem halben Jahrhundert.

Seitdem Cagniard de Latour und nach ihm Schwann die Hefe als organisirtes Gebilde und in ihr die Ursache der Gärung erkannten, ist auch keine Entdeckung zu verzeichnen, welche sich mit

dieser nur im Entferntesten messen oder das in derselben verborgene Rätsel, einer befriedigenden Lösung zuführen könnte.

Wenn wir oben der Wandlungen Erwähnung getan, welche die Fermenttheorien erfahren haben, so haben wir eigentlich zu viel gesagt, weil es sich doch eigentlich um mehr oder weniger plausible Ansichten, als um wahre Theorien gehandelt hat. Von einer Theorie im eigentlichen Sinne des Worts kann nur bei Liebig die Rede sein, und man mag über die Liebig'sche Gärungstheorie denken wie man will, so war dieser Forscher doch der Einzige, der nicht nur vermocht hat, sich über den Vorgang der Fermentation eine klare Vorstellung zu machen, sondern dem es fast gelungen war, dieselbe ohne Zuhilfenahme mystischer, vitaler oder sonst undefinirbarer Kräfte, auf rein chemischem Wege zu erklären.

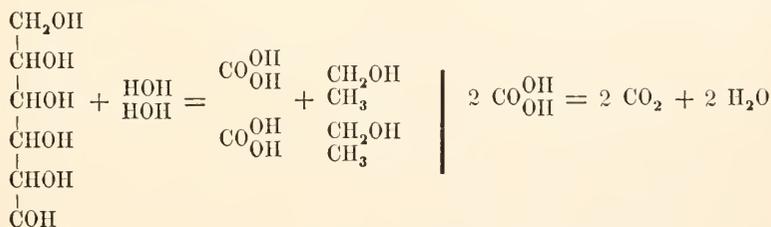
Was waren die Katalyse von Berzelius, die Kontakttheorie von Mitscherlich Anderes, als verschwommene Vorstellungen. Noch weniger Wert hat das Fermenthydrat von Meissner, welches mit Carbonsubhydroidulhydrat Alkohol abcheiden sollte. Auch die von Schweigger, Kaemtz und Andern angenommenen galvanischen Kräfte gehören in diese Kategorie von Hypothesen. Lange Zeit begnügte man sich auch mit der Hypothese, [derzufolge die Gärung nichts Anderes sein sollte, als die Funktion der Hefezelle, welche gleichzeitig mit der Entdeckung von Cagniard de Latour ausgesprochen wurde]. Diese Theorie hat, wie begreiflich, nie zu existiren aufgehört, musste aber, so lange man mit den Worten „Lebensprozess der Hefe“ keine bestimmten chemischen Prozesse sondern nur vage Vorstellungen über Lebenskraft u. dergl. zu verbinden wusste, die entschiedene Gegnerschaft, ja den Spott eines so klaren Kopfes wie Liebig herausfordern.

Diese Verhältnisse haben sich seither nun freilich geändert; so erklärt sich Pasteur die Wirkung der Hefe auf zweierlei Weise: entweder sind Alkohol und Kohlensäure Stoffwechselprodukte, welche aus dem den Nahrungsstoff der Hefezellen bildenden Zucker entstehen, oder es werden Alkohol und Kohlensäure durch ein Ferment gebildet, welches von der Hefezelle erzeugt wird und so lange wirkt, als dieselbe lebt. Nach Adolph Mayer sind Alkohol und Kohlensäure die Produkte der spezifischen Atmung, die wahren Exkrete der Hefezelle, eine Hypothese, die schon Schwann angedeutet hatte. Ein wesentliches Hinderniss für die Annahme der Theorie, welche sich auf die Funktion der lebenden Zelle gründet, lag darin, dass man fermentative Prozesse kannte, welche mit den von der Hefe eingeleiteten die größte Aehnlichkeit hatten, nachgewiesenermaßen aber ohne die Mitwirkung, ja ohne die Gegenwart irgend welcher zelliger Gebilde verliefen. Diese Schwierigkeit wurde dadurch behoben, dass man zwischen eigentlichen Gärungen und solchen fermentativen Prozessen, die durch ungeformte Fermente eingeleitet werden, strenge

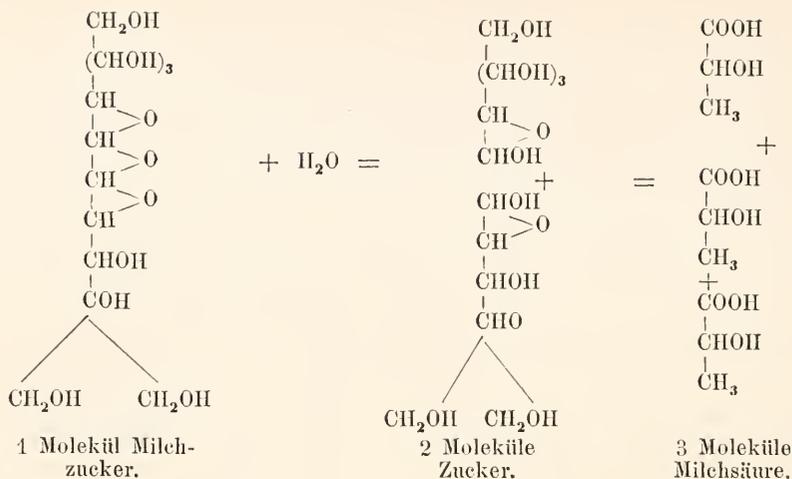
unterschied. Diese letztern allein wurden, im Gegensatz zu den organisirten, chemische Fermente (*Enzyme*) genannt, eine durchaus fehlerhafte, wenn nicht gar verdächtige Benennung, da man vermuten könnte, dass man dann die geformten für solche hält, die nicht chemisch, nicht durch chemische Kräfte wirken.

Welches sind nun die Umstände, die eine so strenge Unterscheidung gestatten sollen?

Die eigentlichen Gärungserreger sollen eine viel tiefer gehende Spaltung des Gärmaterials bewirken, als die ungeformten Fermente. Während die Wirkung dieser letztern in einer Spaltung unter Wasseraufnahme, ohne neue Bindungsweisen der Elemente in den Spaltungsprodukten besteht, sollen die geformten eine Spaltung ohne Wasseraufnahme, ohne Hydratation, mit neuen, von den im Gärmaterial durchaus verschiedenen Bindungsweisen der Elemente bewirken. Wie unbegründet diese Annahmen sind, wird aus Folgendem hervorgehen. Was zunächst die Hydratation betrifft, so findet eine Wasseraufnahme auch bei den sogenannten ächten Gärungen statt, oder man ist zum Mindesten berechtigt, eine solche anzunehmen, nicht nur darum, weil diese sogenannten wahren Gärungen nur bei Gegenwart von Wasser stattfinden, sondern weil sich der bei der Gärung stattfindende chemische Prozess nur auf solche Weise ungezwungen erklären lässt. Die Bildung von Kohlensäure und Alkohol kann man sich demnach auf folgende Weise vorstellen:



ein Schema, wie es auch Hoppe-Seyler in seiner physiologischen Chemie aufstellt. Es wird am Leichtesten verständlich, wenn man annimmt, dass zunächst Wasser gespalten wird und dass die Spaltungsprodukte des Wassers an einer Gruppe oxydirend und hydroxilirend, an andern Gruppen wieder reduzirend (wieder Wasser bildend) und Wasserstoff addirend wirken. Die Kohlensäure tritt nach diesem Schema zunächst als Hydrat auf, welches alsbald in Anhydrid und Wasser zerfällt. Aehnlich kann auch die Milchsäuregärung aufgefasst werden, nur dass hierbei die Carboxylgruppe nicht als Kohlensäure, sondern in der Milchsäure auftritt.



Das Milchzuckermolekül wird also unter Wasseraufnahme zunächst in zwei Moleküle direkt gärungsfähigen Zuckers und dieser hierauf in drei Moleküle Milchsäure zerlegt. Und so könnten noch andere Beispiele angeführt werden, auch solche, welche eine Hydratation bei Fäulnisprozessen nachweisen, doch begnüge ich mich, nur ein Beispiel für die letzteren anzuführen, nämlich die faulige Gärung des ameisensauren Kalkes, bei welcher unter Wasseraufnahme kohlen-saurer Kalk, Kohlensäure und Wasserstoff entstehen, nach der Gleichung:



und verweise im Uebrigen auf das Lehrbuch der physiologischen Chemie von Hoppe-Seyler, wo man auf S. 117—125 eine große Anzahl solcher Beispiele zusammengestellt findet.

Wir finden aber nicht nur, dass die durch bestimmte Organismen bewirkten Gärungen gleichfalls unter Wasseraufnahme stattfinden, sondern dass es auch solche Fermentationsprozesse gibt, welche zwar durch ungeformte Fermente bewirkt werden, bei denen aber eine Hydratation bisher nicht nachgewiesen werden konnte, wie die Umsetzung des myronsauren Kalis in Zucker, saures schwefelsaures Kali und Senföl.

Die tiefer greifende Spaltung des Gärmaterials unter dem Einfluss der sogenannten geformten Fermente läuft doch nur auf einen quantitativen Unterschied hinaus. Auch das Invertin bewirkt z. B. eine Spaltung des Rohrzuckers, indem derselbe in Dextrose und Levulose zerfällt. Die weitere Spaltung ist lediglich eine Frage der Kraftquantität. Ich erinnere an die Wirkung der Natronlauge, welche in verdünntem Zustande und bei mäßigem Erwärmen den Rohrzucker einfach invertirt, konzentrierter aber die Spaltungsprodukte des Rohrzuckers unter Milchsäurebildung zu zerlegen vermag, gleich dem

wahren Milchsäureferment. Es wird aber doch gewiss nicht gestattet sein, etwas als charakteristisch für das organisirte Ferment anzusehen, was ebenso durch Natronlauge bewirkt werden kann. Vielleicht wird uns schon die nächste Zeit mit organischen Basen bekannt machen, die sich in dieser Beziehung von der Natronlauge durchaus nicht unterscheiden.

Welche Bedeutung kann nun noch die Meinung haben, dass zum Unterschiede von den ungeformten Fermenten die sogenannten eigentlichen Gärungserreger neue Bindungsweisen der Atome bewirken sollen, neue Anlagerung von Sauerstoff an Kohlenstoff? Muss denn eine solche nicht bei jedem Hydrationsprozesse angenommen werden? Kann denn das geschlossene affinitätslose Wassermolekül in wirklich chemische Verbindung treten? Das ist nach unsern chemischen Begriffen nicht möglich. Immer müssen wir dabei eine Spaltung des Wassers annehmen, da erst diese mit freien Affinitäten begabten Spaltungsprodukte verbindungs-fähig sind. Jedenfalls müssen nun neue Bindungsweisen entstehen u. z. sowol zwischen Wasserstoff und Kohlenstoff oder Sauerstoff, als auch zwischen Sauerstoff oder dem Hydroxylrest des Wassers und Kohlenstoff oder Sauerstoff. Letztere Bindungsweise findet jedoch nur bei anhydridischer Bindung statt. Sie kommt indess bei Fermenten nicht in Betracht, da viele Forscher die Wirkung derselben geradezu als eine Lösung ätherartiger Bindungen auffassen. Es wird auch gewiss keinem Chemiker befallen, das eine Molekül Wasser, welches dem Dextrin bei der Bildung von Traubenzucker durch die Diastase zugeführt wurde, für Krystallisationswasser oder dergleichen zu erklären.

Im Vorhergehenden habe ich mich zu zeigen bemüht, dass zwischen geformten und ungeformten Fermenten, was ihre Wirkung betrifft, kein Unterschied besteht. Worin soll aber der Unterschied bestehen, wenn nicht hierin? Die Zellnatur des geformten Ferments kann nicht maßgebend sein, denn auch die ungeformten Fermente sind Zellprodukte und es ist ganz gleichgültig, ob diese Fermente mit den oder ohne die Zellen, von denen sie erzeugt wurden, zur Anwendung gelangen. Das Ptyalin bildet sich in den Zellen der Speicheldrüsen, die Pankreasfermente (Trypsin, ferner das diastatische und Fett zerlegende) in den Zellen des Pankreas, das Pepsin, Labferment, in den Drüsenzellen der Magenschleimhaut, die Fermente des Darmsafts in den Darmdrüsenzellen, die Diastase im Malzkorn, das Pflanzenpepsin in zahlreichen Samenarten, das Papain in den Früchten von *Carica papaya*, das Emulsin in den bittern Mandeln, das Myrosin im Senfsamen. Es bliebe also noch das Verhalten der Fermente gegen Gifte zu erörtern, da wir von andern Einflüssen, Temperaturerhöhungen, wissen, dass sich die geformten und ungeformten Fermente fast gleich verhalten und dass ihre Wirkung schon unterhalb der Temperatur des siedenden Wassers erlischt. Ist es aber zulässig, Zellprodukte

und lebende Zellen, was ihr Verhalten gegen Gifte betrifft, unter einem Gesichtspunkt zu betrachten und darauf Unterschiede zu gründen, wie das erst jüngst wieder durch Adolph Mayer<sup>1)</sup> geschehen ist? Ist es nicht bezeichnend, wenn dieser verdienstvolle Forscher ein besonderes Gewicht darauf legt, dass die Enzyme im Gegensatz zu den geformten Fermenten gegen Atmungsgifte unempfindlich sind? Mit demselben Rechte könnten wir es wol für erwähnenswert halten, dass es uns gelingt, mittels Blausäure den Menschen, nicht aber dessen Speichel zu vergiften.

Eine Parallele kann nur dann gezogen werden, wenn wir den Organismus, von welchem die ungeformten Fermente geliefert werden, als Ganzes betrachten. Vergiften wir das Tier mit Blausäure, so wird dessen Pankreas sicherlich sofort aufhören, Trypsin zu produziren und es wird nur dasjenige Ferment zur Wirkung gelangen, welches schon vor der Vergiftung fertig gebildet war.

Also auch in dem Verhalten gegen Gifte können wir keinen wesentlichen Unterschied zwischen den verschiedenen Fermenten konstatiren, und wir müssen einen solchen selbst dann leugnen, wenn es uns nicht schon längst gelungen wäre, aus der Hefe das Invertin durch Lösungsmittel zu extrahiren. Hiermit aber ist nachgewiesen, dass wenigstens die eine Wirkung der Hefe, die Rohrzucker invertirende, auf der Gegenwart eines ungeformten Ferments beruht und dass die invertirende Wirkung der Hefe nur insofern von der Hefezelle abhängt, als das Ferment von dieser bereitet wird. Ist es uns aber gelungen, dies nachzuweisen, so heißt es doch, die wissenschaftliche Vorsicht zu weit treiben, einzig und allein darum, weil uns die Extraktion des Alkohol bildenden Ferments noch nicht gelungen ist, diese Art der Hefewirkung einer Kraft zuzuschreiben, welche mit der einem chemischen Ferment innewohnenden nichts gemein hat. Wollen wir trotzdem einen Unterschied aufstellen, so kann derselbe nur darin bestehen, dass es gewisse Zellen gibt, welche stabilere, und andere, welche außerordentlich leicht zersetzliche Fermente liefern, so dass diese bisher noch nicht isolirt werden konnten. — Immerhin ist jedoch noch ein Umstand zu berücksichtigen, nämlich der, dass Hefezellen und ähnliche organisirte Gärungserreger durch Membranen hindurch nicht wirken, dass also bei ihnen zur Hervorbringung einer Wirkung die unmittelbare Berührung der Zelle mit dem zu vergärenden Stoffe notwendig ist, worin Viele eine mächtige Stütze jener Ansicht erblicken, derzufolge die Wirkung der Hefe nicht auf der Gegenwart eines chemischen Ferments beruht. Meines Erachtens wiegt auch diese, so viel mir bekannt ist, von Mitscherlich zuerst beobachtete Tatsache nicht schwer, da die Amalme gestattet ist, dass z. B. das

---

1) Die Lehre von den chemischen Fermenten oder Enzymologie. Heidelberg 1882. S. 43—51.

Alkohol und Kohlensäure bildende Ferment der Hefe durch die Zellulosemembran, die Hülle der Hefezelle, nicht diffusionsfähig ist und demnach nur im Innern der Zelle zu wirken vermag, wohin der zu vergärende Körper durch Diffusion gelangt.

Man führt endlich als Stütze für die vitale Theorie noch an, dass die Hefezelle nur dann eine wahre Gärung zu bewirken vermag, wenn die Zellen unverletzt sind (Lüdersdorff). Ich finde, dass man sich von der Beweiskraft des Lüdersdorff'schen Versuchs unrichtige Vorstellungen macht; derselbe zerrieb bekanntlich die Hefe so lange, bis unter dem Mikroskop keine ganze Hefezelle mehr zu sehen war, eine Arbeit, die nicht zu den leichtesten gehört und bei der eine bedeutende Erhitzung und sonstige störende Einflüsse, wie Zersetzung, Oxydation unvermeidlich sind. Was soll aber ein derartiges Experiment für die an die Lebenstätigkeit der Hefezelle geknüpfte Gärwirkung und gegen ein chemisches Ferment beweisen, da wir doch wissen, dass sich Beide gegen Temperaturerhöhungen gleich wenig widerstandsfähig erweisen? Zerstampft man die Hefe so gut als möglich, nur feucht oder mit sehr wenig Wasser oder Glycerin in einem Mörser, so wird man finden, dass, obwol zahlreiche Zellen verletzt, in der Gärtätigkeit kein merklicher Unterschied zu konstatiren ist.

---

Ich glaube also dargetan zu haben, dass man kein Recht hat, zu behaupten, dass die sogenannte wahre Gärung von andern fermentativen Prozessen verschieden und nicht der Wirkung eines chemischen Ferments zuzuschreiben wäre. Eine noch zu erörternde Frage ist aber die, ob das Gärferment außerhalb oder innerhalb der Hefezelle wirkt?

Es lässt sich nicht leugnen, dass die Annahme, das Gärferment werde von der Hefezelle an die sie umgebende Flüssigkeit abgegeben, mit manchen Schwierigkeiten verbunden ist. Es spricht dagegen sowohl das schon erwähnte Mitscherlich'sche Experiment als auch der von mir öfters beobachtete Umstand, dass es genügt, eine in voller Gärung befindliche Flüssigkeit durch Watte oder Fliesspapier zu filtriren, um die Gärung sofort zum Stillstand zu bringen.

Vorausgesetzt, dass nicht auch hier rasche Zersetzung u. dergl. in Spiel kommt, bleibt also nichts übrig, als anzunehmen, dass das Gärferment (ich gebrauche absichtlich diesen Ausdruck um über die Art der von mir gemeinten Fermentwirkung keinen Zweifel aufkommen zu lassen) in der Hefezelle enthalten ist und im Innern derselben wirkt.

Ich habe es nicht für überflüssig gehalten, mich davon zu überzeugen, ob eine solche Annahme überhaupt physikalisch und chemisch möglich ist.

Man kann nämlich in heftiger Gärung befindliche Zuckerlösungen

sehen, in welchen die Hefe sich durchaus nicht an der Oberfläche der Flüssigkeit, sondern im Gegenteil entweder in ihr gleichmäßig verteilt oder zum größten Teil geradezu am Boden des Gefäßes befindet. Demgemäß steigen auch die Kohlensäureblasen aus dem Innern und nicht nur von der Oberfläche der Flüssigkeit auf. Findet nun die Kohlensäurebildung im Innern der Zelle statt, so ist der Umstand, dass die Hefezellen nicht sämtlich an die Oberfläche steigen, nur dann erklärlich, wenn das in der Zeiteinheit gebildete Kohlensäurevolum nicht zu groß und die rasche Diffusion derselben in die umgebende Flüssigkeit möglich ist. Die Verhältnisse sind hier nämlich anderer Art als etwa beim Tier; die Hefe ist in ihrem Innern von saurer Reaktion und die Säuremenge wird noch gesteigert, wenn die gärende Flüssigkeit selbst sauer ist, von einem Gebundensein der Kohlensäure im Innern der Hefe kann also durchaus nicht die Rede sein. Von der sauren Reaktion der Hefe kann man sich, nebenbei bemerkt, sehr leicht überzeugen, wenn man sie bis zur vollkommen neutralen Reaktion mit kaltem Wasser wäscht und hierauf unter Wasser zerreibt.

Von den zahlreichen, wie leicht denkbar mit besondern Schwierigkeiten verknüpften und daher von Genauigkeit weit entfernten Experimenten, die ich zu obgenanntem Zweck vorgenommen habe, seien kurz folgende erwähnt.

Vor Allem trachtete ich, so gut als möglich, das spezifische Gewicht meiner, zu den Versuchen verwendeten Branntweinpesshefe zu bestimmen und fand, dass das einfachste Verfahren hier noch das Beste war. Eine gewogene Menge Hefe wurde bei 15° C. in einen graduirten Zylinder, welcher destillirtes Wasser enthielt, getan und aus der Menge des verdrängten Wassers durch sofortiges Ablesen das Volum derselben bestimmt, welches übrigens auch nach längerem Stehen und Zerrühren der Hefe unverändert blieb. Erst nach etwa 10 Minuten war eine Kontraktion der Flüssigkeit zu bemerken. Ich bestimmte das spezifische Gewicht der Hefe zu 1,0678.

Ich brachte 10 g Hefe in eine 0,6% Weinsäure enthaltende Traubenzuckerlösung vom spez. Gewicht 1,041, in welcher sie natürlich untersank. Nach dem Durchschütteln wurde sie bei 21° C. zur Gärung hingestellt und die sich entwickelnde Kohlensäure von 10 zu 10 Minuten in titrirter Barytlaug aufgefassen, dann immer rasch filtrirt und zurück titrirt. Auf diese Weise erfuhr ich die Menge der in der Zeiteinheit bei 21° C. von der Hefe gebildeten Kohlensäure. Ich fand als Maximum 2 cem Kohlensäure (auf 0° und 760 mm Quecksilberdruck reduziert) für 10 g Hefe in einer Minute, in einer Secunde also (0,033 cem<sup>1)</sup>. Da das Volum von 10 g Hefe nach obiger

1) Bei Duclaux und andern finden sich viel größere Zahlen, doch waren dieselben für mich, wegen Mangels an genügenden Detailangaben, unbrauchbar.

spez. Gewichtsbestimmung 9,3 cem beträgt, so bildet die in einer Sekunde sich entwickelnde Kohlensäuremenge ein 282stel des Hefevolums, d. h. 10 g Hefe muss in jeder Sekunde diese Kohlensäuremenge enthalten, wenn selbe nicht rascher zu diffundiren vermag. Es bleibt also zweierlei zu entscheiden, erstens, wie rasch kann die Diffusion zwischen Kohlensäure und Zuckerlösung von dem betreffenden spez. Gewicht angenommen werden? (wie ich mich überzeugt habe, nimmt Zuckerlösung mehr Kohlensäure auf als Wasser); zweitens, wie klein ist die Menge des Kohlensäuregases, von welcher die Hefezelle in dieser Zuckerlösung noch in die Höhe getrieben werden kann?

Beide Fragen sind schwierig, doch habe ich versucht, sie annäherungsweise zu beantworten.

Um einen Begriff über die Absorptionsgeschwindigkeit zu bekommen, habe ich in einer Röhre gleiche Volumina Zuckerlösung und Kohlensäuregas 10 Sekunden lang geschüttelt. 10 cem Kohlensäure verloren in einer Sekunde 0,3 cem, demnach verlören die in 10 g Hefe innerhalb einer Sekunde befindlichen 0,033 cem Kohlensäure 0,0099, es blieben daher in der Hefe 0,0231 cem, d. i. der 404. Teil des Hefevolums.

Die früher erwähnte zweite Frage habe ich auf folgende Weise zu beantworten gesucht: Eine Rindsblase wurde mit einer gemessenen Menge Wasser gefüllt und das spezifische Gewicht derselben mittels einer Reimänn'schen sogenannten Kartoffelwage bestimmt. Durch ein mit einem Stöpsel versehenes, in der Blasenmündung eingebundenes Glasröhrchen wurde portionenweise so lange Luft eingelassen, bis die Blase in einem großen Kübel voll Wasser schwamm und hierauf das in der Blase befindliche Gasvolum, durch Untertauchen und Aufhängen in einer Messröhre bestimmt.

Das spezifische Gewicht des Wassers im Kübel war nahezu 1; das der Blase 1,0117. Die Blase enthielt 9300 cem Wasser und es waren 13 cem Luft erforderlich, um sie schwimmen zu machen, also der 715. Teil des Wasservolums.

Als ich nach dem letzten Versuch mit der gärenden Zuckerlösung, bei welchem ich die Kohlensäuremenge bestimmt hatte, die Gärung unterbrach und das spez. Gewicht der nun attenuirten Flüssigkeit, in welcher gleichwol die Hefe noch nicht oben war, nach dem Filtriren bestimmte, fand ich es zu 1,039; die Differenz zwischen dieser Zahl und der, welche ich als spez. Gewicht der Hefe gefunden habe, nämlich 1,0678, beträgt also 0,0288. Die Differenz zwischen dem spez. Gewicht des Wassers im Kübel und der Blase 0,0117. — Berechne ich nun nach folgender, umgekehrter Proportion und mit Zugrundelegung des beim Blasenversuch gefundenen Gasvolums die Gasmenge, welche die Hefe bedürfen würde, um unter den genannten Verhältnissen in die Höhe zu steigen, und welche jener größern Dif-

ferenz in den spez. Gewichten entsprechen würde<sup>1)</sup>, so finde ich merkwürdiger Weise fast genau dieselbe Zahl, welche ich früher für das Volumverhältniss zwischen Hefe und Kohlensäure in einer Sekunde ( $\frac{1}{282}$ ) angegeben habe; obwol beim Blasenversuch statt Kohlensäure Luft angewendet wurde und noch so viele Ungenauigkeiten mit untergelaufen sein mussten.

$$0,0117 : 28,8 = x : 715$$

$$x = 290$$

d. h.: die in den beiden Versuchsreihen gefundenen resp. berechneten Volumverhältnisse sind den Differenzen der spezifischen Gewichte proportional. Es scheint also wirklich, dass diejenige Grenze der Kohlensäurebildung, bei welcher die Hefe noch in den tiefern Schichten der gärenden Flüssigkeit bleiben kann, bei  $\frac{1}{282} - \frac{1}{290}$  des Hefevolums liegt. — Wird die Kohlensäureentwicklung eine raschere, so kann die Diffusion nicht mehr gleichen Schritt halten, die Hefe wird spez. leichter als die Flüssigkeit, und steigt in die Höhe. Die Erscheinungen, welche wir bei der rasch verlaufenden Obergärung beobachten, dürften auf diese Ursache zurückzuführen sein.

Wir sehen also, es spricht auch vom physikalisch-chemischen Gesichtspunkt nichts dagegen, dass der Fermentationsprozess im Innern der Hefe stattfindet, und wir können nach alledem unsern Schlusssatz wie folgt formuliren: Wir sind bislang berechtigt anzunehmen, dass das Vermögen der Hefe, Zucker in Alkohol und Kohlensäure zu zerlegen, auf der Gegenwart eines im Innern der Hefezelle wirkenden Ferments beruht. — In welcher Weise aber die Wirkung dieses oder eines andern Ferments selbst gedacht werden soll, diese Frage wird wol noch eine Zeit lang den Tummelplatz zahlreicher Hypothesen bilden.

### Fritz Schultze, Philosophie der Naturwissenschaft.

Leipzig, Ernst Günther's Verlag. 8°. I. Teil 1881. XXIV u. 446 S. II. Teil 1882. 420 S.

I. Das vorliegende Werk soll nach des Verfassers eignen Worten für alle diejenigen außerhalb des engen Kreises der Fachphilosophen bestimmt sein, welche das Bedürfniss fühlen, sich mit den großen Grundfragen der menschlichen Erkenntniss philosophisch auseinanderzusetzen. Die Philosophie hatte eine Zeitlang das Interesse der Gebildeten verschertzt, weil sie aus geschichtlicher und philologischer

1) Das nötige Gasvolum ist natürlich um so größer, je größer die Differenz der spezifischen Gewichte ist.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1882

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Liebermann Leo

Artikel/Article: [Ueber Gärung und Fermente 747-756](#)