

dass Verbindungen gefärbter Körper mit Krystallwasser doch in fast allen Fällen viel intensiver gefärbt sind als jene Körper in wasserfreiem Zustande. Allerdings haben gefärbte Körper in vielen Fällen bei niedriger Temperatur eine weniger intensive Färbung; vergleicht man aber gegen $+10^{\circ}$ die Farbe von Chlorhydrat mit derjenigen des Chlors, so sieht man leicht ein, dass die belle Farbe des Hydrats ihre Ursache nicht in einer Temperaturerniedrigung haben kann. Die Ursache der geringen Farbintensität ist also noch zu suchen, jedenfalls aber spricht diese nicht für, und vielleicht eher gegen das Vorhandensein von unterchloriger Säure.

Vorstehende Bemerkungen beziehen sich auf Beobachtungen, welche ich in Bern im Winter 1858/59 durch die Güte des Hrn. A. Tenner (jetzt in Darmstadt) zu sammeln Gelegenheit hatte. Während des damaligen kalten Winters hatten sich bei Chlorentwicklung im Grossen wahrhaft unbesiegbare Mengen von Chlorhydrat in prachtvollen Krystallen angesammelt. Ich benutzte dieselben damals zu verschiedenen Versuchen, welche aber im Ganzen nichts wesentlich Neues lieferten.

120. Oscar Brefeld: Ueber einige Reagentien auf freien Sauerstoff und über die Bedeutung desselben für die Vermehrung der Hefezellen.

(Eingegangen am 22. Februar.)

Nachdem Hr. Moritz Traube einen Angriff des Hrn. Friedrich Mohr¹⁾ gegen mich, der jüngst mit einem Fuder gährenden Mostes beweiskräftig ausgerüstet in den Kampf der Parteien einlenkte, in einer Bemerkung abgewiesen hat, gegen welche ich nichts einwenden will, hat er zugleich in seiner Entgegnung²⁾ die Aufmerksamkeit der Leser dieses Blattes auf einen Gegenstand abermals gelenkt, der nunmehr an eben dieser Stelle einer allgemeinen Beleuchtung dringend bedürftig erscheint; er betrifft die Bedeutung des freien O bei dem Wachsthum und der Vermehrung der Hefezellen, und den Nachweis von freiem O durch Reagentien.

Ich übergehe deshalb die Entgegnung des Hrn. Traube, ebenso die kritisirenden Erörterungen³⁾ meiner Versuche, durch welche ich bewiesen habe, dass Hefezellen ohne freien O nicht wachsen und sich vermehren können; ich gehe deshalb nicht darauf ein, weil, wie ich zeigen werde, durch sie ihre Beweiskraft nicht berührt wird, und namentlich deshalb nicht, weil jeder Leser sich bei der Durchsicht meiner

¹⁾ Diese Berichte, VII. Jahrgang, No. 15, Seite 1421 — 27.

²⁾ Diese Berichte, VII. Jahrgang, No. 19, S. 1756 — 60.

³⁾ Diese Erörterungen des Hrn. Traube betreffen so selbstverständliche Dinge bei chemischen Versuchen, dass es mir, der ich Chemiker bin, auch nicht von Ferne einfallen kann, darüber ein Wort zu verlieren.

Arbeiten überzeugen wird, dass der vom Hrn. Traube meiner Arbeit entnommene Satz ein willkürlich aus dem Zusammenhange gerissenes Bruchstück ist, aus welchem er, in dieser Form der Wiedergabe, eine Controverse herzuleiten suchte, die bei einer Wiedergabe der Beweisführung meiner Versuche¹⁾, die Hr. Traube den Lesern dieses Blattes nicht mitgeteilt hat, gar nicht möglich ist. Ich muss es mir ebenso leider für diesmal versagen, auf die engere Ausführung der Versuche des Hrn. Traube einzugehen; ihre Fehler wird indess jeder, der Chemiker ist, der nur einmal in seinem Leben ein Barometer gemacht hat, der die nicht geringen Fehlerquellen praktisch kennen gelernt, welche bei unseren gasometrischen Methoden unvermeidlich sind, schon bei oberflächlicher Durchsicht erkennen; ich muss es mir hier versagen, weil ich beabsichtige, diesmal nicht gegen Hrn. Traube zu schreiben, vielmehr allein eine Klarstellung der oben angeführten Sätze herbeizuführen, soweit die Sache selbst und die Interessen der Wissenschaft dabei in Betracht kommen. Ich will aber nicht unterlassen zu bemerken, dass ich bereit bin, sowohl die Versuche des Hrn. Traube als unrichtige darzulegen, als den Beweis weiter zu geben, als es hier geschehen ist, dass die daraus als Thatsachen abgeleiteten Schlüsse, als eine Kette von Unrichtigkeiten und von unhaltbaren Widersprüchen gelten müssen, in denen nicht Thatsachen, sondern subjective Auffassungen des Autors sprechen. — Dagegen dürfte es den von mir beabsichtigten Zwecken angemessen sein, die 2 Sätze, in denen die Ergebnisse der Traube'schen Forschungen²⁾ auf diesem Gebiete gipfeln, als Ausgangspunkte für unsere Betrachtungen und weiteren thatsächlichen Mittheilungen, die ich daran anschliessen will, in den Vordergrund zu stellen.

Hr. Traube sagt erstens: „Entwickelte Hefe vermag sich ohne freien O auf Kosten von Eiweissstoffen zu vermehren.“

Wie sollen die Hefezellen das machen? Wie sollen sie sich ohne freien O von Eiweissstoffen vermehren? Sie müssen nothwendig, wenn sie sich von Eiweissstoffen vermehren sollen, diese zersetzen, Zellmembranen und die ganze Masse neuer Verbindungen aus ihnen bilden, wie sie für eine Vermehrung der Zellen nothwendig sind. Hierzu sind aber eine grosse Zahl von chemischen Umsetzungen, Veränderungen und Neubildungen von Stoffen nöthig, welche immerfort chemische Kraft und Wärme erfordern, um diese Prozesse einzuleiten und die gewiss nicht geringe Arbeit zu leisten, welche hierbei erforderlich ist und verbraucht wird. Woher soll die Kraft zu all diesen Actionen kommen? Besitzen die Eiweissstoffe diese Kraft? — So wenig

¹⁾ Ich verweise den Leser auf meine ausführliche 1. Mittheilung in den landw. Jahrbüchern des Königl. Preuss. Landes-Oekonomie-Collegiums, Jahrgang III, 1. Heft, Seite 21—25 meines Aufsatzes „über Alkoholgährung.“

²⁾ Diese Berichte, VII. Jahrgang, No. 11.

wie ein Wagen die Kraft besitzt zu laufen, wenn er nicht geschoben wird, so wenig vermögen sich Hefezellen von Eiweissstoffen ohne die Mitwirkung des freien O zu vermehren; die Annahme ist eine Absurdität. Gegenüber dieser Annahme des Hrn. Traube, dass die Hefe sich von Eiweissstoffen ohne freien O vermehren kann, hat doch wenigstens die Auffassung von Pasteur¹⁾ einen vernünftigen und fassbaren Sinn. Er nimmt neuerdings an, „dass die Hefe, indem sie den Zucker vergärrt, durch die bei dieser Zersetzung frei werdende Wärme, (welche in der That nicht unbedeutend ist, weil die in dem Zucker vorhandene chemische Spannkraft bei seiner Spaltung und Rückführung in einfachere Verbindungen, nämlich in Kohlensäure und Alkohol, sich ablöst und als Wärme frei wird) — dass eben durch diese Wärme die Hefe die nothwendige Kraft empfängt, um ohne freien O zu wachsen.“ Vom Standpunkte der mechanischen Wärmetheorie aus ist dies wenigstens denkbar, es ist aber von chemisch-physiologischen Gesichtspunkten aus betrachtet nicht möglich. Die lebenden Zellen brauchen, wenn sie wachsen sollen, nicht bloss Wärme, wie sie stets bei dem Prozesse der Athmung frei wird und zu einer Reihe von Lebensfunctionen die Kraft giebt; sie bedürfen des freien mit der Athmung aufgenommenen O ebensosehr, sie bedürfen seiner als Actionsmittel, um mit den aufgenommenen Nährstoffen diejenigen Veränderungen und Umsetzungen, die grosse Summe von chemischen Zersetzungen und Neubildungen von Stoffen, wie sie die Zellen bei der Vermehrung brauchen, einzuleiten und auszuführen. Der freie O ist hier das Agens wie die Feder in einer Maschine, nimmt man sie weg oder ist sie abgelaufen, so muss sie nothwendig stille stehen. Dies ist der einfache und natürliche Grund, wesshalb ohne freien O keine Vermehrung der Zellen möglich ist; er gilt für alle lebenden Wesen ausnahmslos. Die entgegengesetzten Angaben von Pasteur, von Cohn und von Traube sind unrichtig, sie streiten von vorn herein wider die elementarsten Sätze der Chemie und der Physiologie. Ich habe aber ihre Unrichtigkeit durch meine Versuche unwiderlegbar erwiesen, indem ich zeigte, „dass die Hefe nicht wächst, wenn der freie O fehlt und so lange er fehlt, dass sie nur wächst, wenn und so lange er zugegen ist, oder wiederwächst, wenn es von Neuem Zutritt.“ Ich machte in besonderen Apparaten die einzelnen Hefezellen der continuirlichen Beobachtung zugänglich, was bis dahin Niemandem gelungen ist und schloss in dieser Art jede Täuschung, jede Fehlerquelle bei meinen Versuchen aus. Durch die Variation meiner Versuche gelang es mir, nicht bloss mit Sicherheit zu zeigen, dass die Hefe ohne freien O nicht wachsen kann, es gelang mir ebenso den Beweis zu geben, dass sie bei so geringen Men-

¹⁾ Compt. rend. 1872, B. 75, S. 784—790.

gen freien O noch wachsen kann, wie es, mit wenigen Ausnahmen, andere Organismen nicht zu thun vermögen. Die Hefe erwies sich in diesem Verhalten als ein äusserst feines Reagenz auf freien O, von dem sie die kleinsten Spuren durch Wachstum anzeigt. — Hr. Traube stützt nun seinen oben erwähnten Satz auf ein anderes Reagenz auf freien O, nämlich auf entfärbte Indigoschwefelsäure, die sich an der Luft, also bei Zutritt von freiem O bläut. Er behauptet, völlig sauerstofffreie Nährlösungen für Hefe hergestellt zu haben, „weil sein Reagenz in diesen farblos blieb.“ Ich will jetzt darthun, indem ich beide Reagentien auf freien O, die Indigoschwefelsäure und die Hefe einander vergleichend gegenüberstelle, dass das Traube'sche Reagenz gegenüber der Hefe nichts taugt, und dass Hr. Traube, indem er den Werth und die Feinheit der Hefe gegenüber der Indigoschwefelsäure bestreitet, hierdurch den Beweis liefert, dass er von dem Werthe und den Leistungen der Reagentien überhaupt keine klare Vorstellung besitzt und endlich, dass seine obigen Schlussfolgerungen falsch sind, wie er sie aus seinen Versuchen zieht, dass diese vielmehr das Gegentheil von dem beweisen, was sie nach Hr. Traube beweisen sollen. — Was sind Reagentien? Sie sind Hilfsmittel, mit denen wir in einer für die Sinne wahrnehmbaren Weise die Gegenwart bestimmter Stoffe durch das Eintreten bestimmter Erscheinungen erkennen und umgekehrt auf ihre Abwesenheit schliessen können, wenn die bestimmte Erscheinung nicht eintritt. Der Werth und die Sicherheit der Reagentien sind ausschliesslich nach den Sätzen der Erfahrung, auf empirischem Wege festgestellt, und wir sagen hiernach: ein Reagenz ist um so feiner, je mehr es ein anderes in dem Nachweise kleiner Mengen überbietet. Jedes Reagenz hat nur einen relativen Werth der Feinheit, es gilt so lange als das feinste, als wir eben kein besseres, kein feineres kennen. Reagentien von absoluter Feinheit giebt es nicht, die Feinheit hat nämlich immer da ihre Grenzen, wo uns einerseits die Vergleichspunkte, also die Kenntniss eines feineren ausgeht, andererseits die Wahrnehmungsfähigkeit unserer Sinne und die Hilfsmittel sie zu verschärfen ihre Grenzen haben. Dass der Geruch in dieser Beziehung das Auge bei weitem übertrifft, ist bekannt. Heinrich Rose, der erste Analytiker seiner Zeit, pflegte darum in diesem Sinne bei jeder Gelegenheit zu sagen, „die Nase, meine Herren, ist das feinste Reagenz.“ Ebenso ist es bekannt, dass das bewaffnete Auge Erscheinungen erkennt, welche vorher mit unbewaffnetem Auge nicht sichtbar waren. Es zeigen sich z. B. in einem Wassertropfen, welcher dem blossen Auge klar erscheint, eine Menge substantieller Verunreinigungen mit dem Mikroskope, von deren Existenz wir vorher keine Ahnung hatten. Wir nannten darum früher ein Wasser rein, wenn wir darin nichts sahen, während wir es jetzt als schmutzig bezeichnen, wenn wir substantielle Verunreinigungen mit dem Mikroskope darin

nachweisen können; und dieser Nachweis geht um so weiter, je weiter die Leistungskraft unserer Mikroskope steigt. Aber gesetzt den Fall, wir sähen mit dem besten Mikroskope nichts mehr, ist damit bewiesen, dass überhaupt keine Verunreinigungen mehr da sind? Wird wohl ein Mensch, der Anspruch macht Naturforscher zu sein, sich beikommen lassen, daraus etwas anderes zu schliessen, als dass mit unseren derzeitigen Hilfsmitteln nichts mehr nachgewiesen werden kann? Es ist eben damit nichts weiter bewiesen, als dass hier ein relatives, aber gewiss kein absolutes Ende erreicht ist. Wenn darum Hr. Traube mit unbewaffnetem Auge seine Indigolösung nicht blau werden sieht in den betreffenden auf freien O zu prüfenden Medien, so beweist dies folglich gar nichts anderes, als dass mit seinem Reagenz kein freier O mehr nachweisbar ist; aber es beweist wahrlich nicht, dass keiner da ist, dass das Medium völlig sauerstofffrei ist, wie Hr. Traube zu schliessen wagt. Welcher Mensch kann den absoluten Beweis beibringen, dass es überhaupt irgend ein sauerstofffreies Medium giebt! Wer kann auch mit dem feinsten Reagenz irgend einen anderen als relativen Beweis beibringen, den nämlich, dass eben mit diesem Reagenz nichts mehr nachzuweisen ist! Und ein Reagenz von der Qualität desjenigen, welches Hr. Traube anwendet, soll auf der Grenze der Unfehlbarkeit stehen? Ein Reagenz von solcher Rohheit? Eine blaue Farbenerscheinung in einer Flüssigkeit mit blossem Auge beobachtet? Ist das die moderne Grenze der Wissenschaft? Ich denke ein wirklicher Chemiker muss sich sträuben, so den gegenwärtigen Standpunkt seiner Wissenschaft dargestellt zu sehen; sich vorreden zu lassen, dass mit einem solchen Reagenz die Grenze seiner Wissenschaft erreicht ist, dass damit ausgeschlossen sein soll, dass es Reagentien giebt, welche dieses weitaus an Feinheit überbieten.

Die Behauptung des Hrn. Traube, „dass er eine Nährlösung hergestellt mit lebender Hefe, welche vollkommen sauerstofffrei war, deshalb, weil entfärbte Indigolösung sich darin nicht bläute,“ schwebt vollkommen in der Luft, sie kann unmöglich die eines chemisch gebildeten Mannes sein, worauf Hr. Traube im Gegensatze zu mir, den er für einen Morphologen ausschliesslich hält, Anspruch erhebt.

Gehen wir weiter. Wie beweist Hr. Traube die Wirksamkeit und die Feinheit seines Reagenz? Er sieht, dass es an der Luft blau wird, dass es aber farblos bleibt, wenn es von der Luft abgeschlossen ist. Aus der Differenz der Erscheinungen bei Luftzutritt einerseits, bei Luftabschluss andererseits schliesst er auf die Wirksamkeit des freien O bei der eintretenden Bläuung, und umgekehrt, dass sie dazu dienen könne, den freien O anzuzeigen; er macht die Vermuthung zur Thatsache dadurch, dass er empirisch feststellt, dass eine von der Luft abgeschlossene, entfärbte Indigolösung sich immer bläut,

wenn alle Verhältnisse dieselben bleiben, wenn allein die früher ausgeschlossene Luft, also der freie O wieder Zutritt. Er beweist folglich die Wirksamkeit und die Feinheit seines Reagenz in der Art, dass er durch Erfahrung feststellt, dass es unverändert bleibt ohne freien O, dass es sich aber in einem bestimmten Sinne verändert, wenn O Zutritt. Die hierbei eintretende Veränderung oder den Mangel dieser Veränderung, ihr Nichteintreten, beobachtet er mit blossem Auge. — Wie verhält sich nun dies Reagenz auf freien O zu dem meinigen, zu der Hefe? Ich sehe, dass die Hefe wächst bei Gegenwart von freiem O, ich sehe, dass sie aufhört zu wachsen unter Verhältnissen, wo alle Lebensbedingungen zum Wachsthum gegeben sind mit Ausschluss von freiem O, ich schliesse aus der Differenz der Erscheinungen, dass hier der freie O eine Rolle spielt, ich erweise es durch Erfahrung, indem ich zeige, dass die Hefe jedesmal weiterwächst, wenn ich alle Verhältnisse bestehen lasse, und nur dem freien O wieder Zutritt gestatte. Die Erscheinung selbst beobachte ich mit dem Mikroskope bei 300facher Vergrösserung, weil man sie mit blossem Auge gar nicht sehen kann. (Ich verweise hier auf die Versuche in meinem oben citirten ersten Aufsätze über Alkoholgährung, welche Hr. Traube den Lesern dieser Zeitschrift nicht mitgetheilt hat.) Ich schliesse deshalb als Chemiker, mit dem gleichen Rechte, wie man bei der Anwendung von irgend einem chemischen Reagenz schliesst, wie auch Hr. Traube bei der Anwendung seiner Indigolösung geschlossen hat, dass die Hefe ein Reagenz auf freien O ist. Ich schliesse ebenso mit vollem und demselben Rechte aus meinen Versuchen, dass die Hefe ohne freien O nicht wachsen kann, wie Hr. Traube berechtigt ist anzunehmen, dass die entfärbte Indigolösung sich nicht bläuen kann ohne freien O; beide Sätze sind durch *die* Erfahrung erwiesen, dass Bläung und Wachsthum durch freien O vermittelt werden. Es folgt hieraus, dass in der Anwendung der Indigolösung und der Hefe, in ihrer Bedeutung als Reagentien auf freien O, im Prinzipe vollkommene Uebereinstimmung herrscht. Es fragt sich nun, welches ist der Unterschied zwischen beiden Reagentien? Der Unterschied ist folgender:

In der Feinheit der Reagentien, in ihrer Fäbigkeit Spuren von freiem O nachzuweisen, besteht eine ganz eminente Differenz zwischen der Indigolösung und der Hefe. Die Hefe mit 300malig verschärftem Auge beobachtet, weist Spuren von freiem O durch Wachsthum und Vermehrung dort nach, wo das blosse Auge des Hrn. Traube keine Färbung der Indigolösung mehr sehen kann. Eine blaue Farbennuance, die an sich in schwachen Tönen schwer zu sehen ist, die jeder Mensch anders sieht, die viele Menschen gar nicht

sehen können, mit ihren optischen Täuschungen, mit unbewaffnetem Auge gesehen, steht hier als Reagenz einer Beobachtung gegenüber, die alle Menschen, die sehen können, gleich sehen, die man mit modernen Hilfsmitteln der Zeit, mit 300facher Vergrößerung des Mikroskopes sieht, die von solcher Feinheit ist, dass das unbewaffnete Auge bei Weitem nicht ausreicht, sie zu sehen ¹⁾. Soll ich einen naheliegenden Vergleich aus der Chemie wählen, um den Unterschied beider Reagentien klar darzulegen, so kann ich sagen: die Feinheit meines Reagenz zum Nachweise kleiner Mengen von freiem O verhält sich zu dem des Hrn. Traube, wie der Nachweis durch Spectralanalyse zu den Hilfsmitteln, welche vor ihrer Anwendung für die Beurtheilung der Reinheit von chemischen Verbindungen massgebend waren. Wie es durch Einführung des Spectralapparates in die Chemie durch meinen verehrten Lehrer Bunsen möglich geworden ist, dort die Existenz von Stoffen nachzuweisen, wo man vorher auch nicht eine Spur von ihnen auffinden konnte, so ist es auch hier der Fall. Das 300malig verschärfte Auge eines jeden Menschen, der sehen kann, sieht eine Erscheinung an einer lebenden Pflanzenzelle, welche die Gegenwart von Spuren freien O anzeigt, die vorher mit keinem Hilfsmittel der Chemie mehr nachweisbar waren. Den sprechenden Beweis hierfür liefern die Traube'schen Versuche; hier zeigte die wachsende Hefe den freien O an, den er vorher in derselben Lösung durch Reagentien, durch seine Indigolösung vergeblich nachzuweisen suchte, (dessen Gegenwart aber wahrlich kein Chemiker und Physiker bezweifeln wird, der mit Kritik liest, wie Hr. Traube bei seinen Versuchen verfahren ist). Die Traube'schen Versuche beweisen also das Gegentheil von dem, was sie beweisen sollen, nämlich, dass die Medien nicht sauerstofffrei waren, welche Hr. Traube herstellte, eben weil die Hefe noch wuchs und durch Vermehrung die Gegenwart des freien O anzeigte, sie sind nur allein eine Bestätigung meiner Angabe, dass die Hefe ein äusserst feines Reagenz auf freien O ist, mit dem man Spuren dort nachweisen kann, wo alle Reagentien der Chemie uns in Stich lassen. Die physiologische Botanik ist an dieser Stelle der Chemie vorausgekommen und hat ihr

¹⁾ Dass mit der Hefe immerhin nur ein relativ feines Reagenz auf freien O gefunden ist, dass es nur so lange als das feinste gelten kann, als wir eben kein besseres kennen, ist nach dem früher Gesagten selbstverständlich. Ebenso selbstverständlich ist es, dass, wenn ich sage, „die Hefe kann ohne freien O nicht wachsen,“ dies in dem Sinne zu nehmen ist, wie man von allen Reagentien spricht, niemals aber im absoluten Sinne des Wortes. Ich spreche damit nur aus, dass sie in Medien nicht wachsen kann, deren Sauerstoffgehalt unter bestimmte Grenzen sinkt, wo er sich jedem Nachweise entzieht, die wir darum als sauerstofffrei beurtheilen und bezeichnen, eben weil wir ihn nicht mehr nachweisen können. Ob sie wirklich sauerstofffrei sind, darüber können wir nichts aussagen, weil uns an dieser Stelle die wissenschaftlichen Hilfsmittel verlassen, weil hier der zeitgemässe Endpunkt der Wissenschaft erreicht ist.

ein Hilfsmittel gegeben für den Nachweis von freiem O, welches alle bekannten bei weitem an Feinheit überbietet¹⁾. Es handelt sich hier um physiologische Fragen, welche auf dem Grenzgebiete zwischen Chemie und Botanik liegen; in einer Polemik ist es unvermeidlich, dass die Physiologie der Chemie gegenübergestellt wird, dass chemische und physiologische Methoden vergleichsweise gegen einander geführt werden; ich habe die Beruhigung, dass hier, so weit es die wissenschaftliche Methode und die klare, unbefangene Beurtheilung ihres Werthes und relativen Höhepunktes angeht, die Physiologie der Chemie gegenüber in keinem ungünstigen Lichte erscheint.

Ich habe dargethan, dass der erste Satz der Traube'schen Forschung auf dem Gebiete der Physiologie grundfalsch ist und gezeigt, dass seine Versuche, soweit sie überhaupt etwas beweisen, das Gegentheil von dem beweisen, was sie beweisen sollen, was Hr. Traube als durch sie erwiesen daraus abgeleitet hat. Gehen wir nun zum zweiten Satze des Hrn. Traube über, er lautet:

„Hefekeime entwickeln sich in den günstigsten Medien ohne freien O nicht.“

Ich habe schon in meinem ersten Abweise der Traube'schen Forschungen dargelegt, dass in diesem Satze das Gegentheil von dem behauptet ist, was Hr. Traube in dem ersten Satze ausgesprochen hat, und habe darauf kurz bemerkt, was Niemand bestreiten wird und auch Hr. Traube nicht widerlegt hat, dass von zwei entgegengesetzten Behauptungen mit Nothwendigkeit eine falsch sein muss, wenn sie nicht eben alle beide unrichtig sind. Ich will jetzt zeigen, dass hier das letztere zutrifft und beweisen, dass der zweite Satz ebenso falsch ist wie der erste.

Was sind Hefekeime? Jeder mycologisch gebildete Botaniker weiss, dass jede Hefezelle einen Hefekeim repräsentirt; dass aber diese Zellen sich gleich verhalten, kann auf das leichteste durch Versuche dargethan werden.

Es giebt nun ausser gewöhnlichen Hefezellen noch Hefesporen, Gonidien, welche sich durch Theilung im Innern einer Hefezelle bilden. Sollen diese Zellen vielleicht als Keime gelten? Es ist dies denkbar, und ebenso denkbar, dass sie sich anders verhalten wie ge-

¹⁾ Ich habe hierauf bereits in meinem ersten Aufsätze hingewiesen, landw. Jahrbücher S. 21. Die Hefezelle reagirt durch Wachstum mit solcher Feinheit auf freien O, dass wir seine Gegenwart mit Leichtigkeit an Stellen und in Medien nachweisen können, namentlich in Gasen, die früher für rein galten, wie am besten aus den Traube'schen Versuchen erhellen dürfte. Es lässt sich durch vergleichende Versuche darthun, wie undicht die meisten Ligaturen, namentlich Kautschuckschläuche auch die dicksten, sind, die die Chemiker unbedenklich für ihre Untersuchungen verwenden, und wie folglich ihre Resultate in solchen Fällen über verhältnissmässig nicht weit gelegene Grenzen der Genauigkeit überhaupt nicht hinaus kommen können.

wöhnliche Hefezellen. Dies muss der Versuch entscheiden. Ich stellte mir die Sporen in grossen Mengen dar¹⁾ und verfuhr mit ihnen genau so, wie es in früheren Fällen bei meinen Versuchen in den Kammern mit gewöhnlichen Hefezellen geschehen und in meinem ersten Aufsätze beschrieben ist. Diese Sporen wuchsen in einer Kohlensäureatmosphäre, welche an Reinheit mindestens mit derjenigen sich messen kann, die Hr. Traube bei seinen Versuchen verwendete, in der seine vermeintlichen Keime auf zerdrückten Trauben nicht wuchsen; sie wuchsen darin ebenso aus und ebensoweit, wie früher gewöhnliche Hefezellen, d. h. bis der vorhandene freie O, der verunreinigend in jeder Kohlensäure spurenhaf vorhanden ist, verbraucht war. Dann hörten sie auf zu wachsen, weil der hierzu nothwendige, freie O fehlte und so lange er fehlte; in dem Momente nämlich, wo die Kammern geöffnet wurden, die vorher zugeschmolzen waren, wo also der freie O wieder zutrat, wuchsen dieselben, in derselben Nährlösung, wo sie vorher aus Mangel an freiem O nicht mehr wachsen konnten, zu neuen Sprossungen aus und zwar in solcher Masse, dass das Gesichtsfeld davon verdunkelt wurde. Es folgt hieraus, dass zwischen den gewöhnlichen Hefezellen und den Sporen, den allein denkbaren Hefekeimen, ein Unterschied nicht besteht. (Das Gesagte gilt auch für den *Mucor racemosus*, der die Eigenschaften der Hefe besitzt²⁾); auch hier verhalten sich die Sporen der Sporangien genau so wie die gewöhnlichen Sprosse. Ich will noch bemerken, dass ich diese Versuche mit den verschiedensten Nährlösungen und Gasen monatelang variirt habe und immer dasselbe Resultat bekam; ich werde auf diese Versuche näher eingehen, wenn ich, wie ich hoffe, nächstens Gelegenheit habe, die Versuche des Hrn. Traube in ihrer Ausführung und ihren Resultaten anatomisch zu zergliedern, was ich hier noch unterlassen habe.) Wie steht es nun mit dem Versuche des Hrn. Traube, woraus er seinen Satz ableitet, „dass Hefekeime sich anders verhalten wie entwickelte Hefe, dass erstere ohne freien O in den günstigsten Medien nicht wachsen können?“ Hr. Traube sagt, man soll die That-sachen aus seinen Versuchen sprechen lassen, sie geben die Entscheidung „die Theorien haben sich den That-sachen, nicht diese jenen unterzuordnen“. Wohlan, ich will denn hier seinem Winke folgen und die That-sachen aus seinen eigenen Versuchen sprechen lassen! Was sagen hier die That-sachen? Diese sagen einfach und unzweideutig folgendes: Wenn in den zerdrückten Trauben, welche Hr. Traube anwandte, keine Hefe zur Entwicklung kam, so waren überhaupt keine

¹⁾ Man vergleiche hierzu meinen dritten Aufsatz über Alkoholgährung, landwirthsch. Jahrbücher, IV. Jahrgang, II. Heft.

²⁾ Näheres hierüber enthält meine Mittheilung „über Alkoholgährung“ II. Abhdl. der physicalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg, 1874.

lebenden Hefezellen auf den Trauben vorhanden. Hr. Cohn, der die mikroskopische Untersuchung bei den Forschungen des Hrn. Traube leitete, hat, wie Traube ausdrücklich sagt, auch nicht eine Spur davon an den Trauben gefunden. Es ist also klar und ganz natürlich, dass sie in ihrer Abwesenheit nicht wachsen konnten; es kann dies gar nicht anders sein.

Wie interpretirt aber Hr. Traube diesen Versuch, wie sprechen nach ihm die Thatsachen, denen sich nach ihm die Theorien zu unterordnen haben? Hr. Traube nimmt trotz der beobachteten Thatsache an, erstens dass doch lebende Hefezellen vorhanden sind, wiewohl keine wuchsen weil sie nicht da waren, wiewohl Hr. Cohn „keine Spur“ — um seine eigenen Worte wiederzugeben — davon gefunden hat und finden konnte; Hr. Traube nimmt zweitens an, dass die nicht vorhandenen Hefezellen in Form von Keimen vorhanden sind, die gar nicht existiren; Hr. Traube nimmt drittens an, dass diese von seiner Phantasie erdachten Keime sich anders verhalten als gewöhnliche Hefezellen, und als Resultat seiner Forschungen gelangt der Satz in die Wissenschaft „dass zwischen Hefekeimen und Hefezellen in ihrem Verhalten und ihrem Bedürfnisse an freiem O zum Zwecke der Vermehrung ein Unterschied besteht“. Sind es hier die Thatsachen, welche sprechen, oder ist es Hr. Traube, der spricht? Die Thatsachen sind stumm wie das Grab, sie sagen gar nichts; es kann keinen sprechenderen Beweis geben, dass es Hr. Traube war, der also sprach.

Ich will zur Sache selbst kurz bemerken, dass bei meinen fortgesetzten Untersuchungen über das Vorkommen der Hefekeime in der Natur sich herausgestellt hat, dass die auf den zuckerhaltigen Beeren zwar häufig vorhandenen Hefezellen, die aus der Luft darauf niederfallen und später die Gährung des Saftes einleiten, in trocknen Jahren zumeist abgestorben sind. Man kann dann eine Menge von Trauben zerdrücken, den Saft mit den Häuten über Hg steigen lassen oder auch für sich geschützt der Luft aussetzen, ohne dass eine Spur von lebenden Hefezellen sich zeigt; hiermit erklären sich einfach und natürlich die vielen missdeuteten Versuche, welche seit Gay-Lussac hierüber von Chemikern gemacht sind. Ich verweise des Näheren auf meinen demnächst in den landw. Jahrbüchern erscheinenden 3. Aufsatz über Alkoholgährung.

Berlin, Februar 1875.