

Link, Rudolphi, Lichtenstein, F. Hofmann, Ehrenberg, Poggendorff, Mitscherlich und besonders zu Heinrich und Gustav Rose und zu Gustav Magnus, seine Uebersiedelung nach Cassel, seine dortige Anstellung an der polytechnischen Schule, bis zu seiner Berufung nach Göttingen im Jahre 1836.

Die Versammlung folgt diesen Schilderungen mit gespanntester Aufmerksamkeit und beauftragt den Präsidenten, Hr. Wöhler den aufrichtigen Dank der Gesellschaft für die Mittheilung der „Lebensskizze“ auszusprechen.

Für die Bibliothek sind eingegangen:

Als Geschenk:

- Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung. III. Gruppe: A. W. Hofmann, Chemische Industrie, 2te Liederung. Braunschweig, Vieweg, 1875. (Von der Verlagsbuchhandlung.)
 L. A. Buchner: Ueber die Beziehungen der Chemie zur Rechtspflege. Festrede, gehalten in der öffentlichen Sitzung der Kgl. Bayr. Akademie der Wissenschaften. München 1875. (Vom Verf.)
La Chimica al XII. Congresso degli Scienziati italiani, riunitosi a Palermo. (Von Hr. Prof. Paternó.)
 Der Naturforscher. October.
 Polytechnisches Notizblatt, No. 21, 22.

Als Austausch:

- Chemisches Centralblatt. No. 42—44.
 Deutsche Industriezeitung. No. 43, 44.
 Neues Repertorium für Pharmacie. Bd. XXIV, Heft 8 u. 9.
 Verhandlungen der K. K. geolog. Reichsanstalt. No. 13.
 Verhandlungen der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft. Chur. Jahresbericht 1873/74.
 Centralblatt für Agriculturchemie. November.
Moniteur scientifique Quéneville. November.
Revue scientifique. No. 18, 19.
 Journal der Russischen chemischen Gesellschaft No. 7.

Durch Kauf:

- Dingler's polytechnisches Journal. Bd. 218, Heft 2.
Comptes rendus. No. 16, 17.

Mittheilungen.

400 M. Traube: Ueber das Verhalten der Alkoholhefe in sauerstoffgasfreien Medien.

(Eingegangen am 27. October.)

Nachtrag.

Hr. Brefeld hat sich unter dem Titel „über einige Reagentien auf freien Sauerstoff u. s. w.“ (d. Ber. VIII, S. 421) hauptsächlich in Angriffen gegen mich ergangen, die ich, durch verschiedene Umstände behindert, erst jetzt beantworte.

Zunächst sei es mir gestattet, zu bemerken, dass man die wissenschaftliche Literatur der nächstvergangenen Jahre vergeblich durchblättern würde, um einer ähnlichen Sprache zu begegnen, wie sie Hr. Brefeld denjenigen gegenüber anzuwenden beliebt, die mit ihm nicht gleicher Ansicht sind. Wohl erzählt die Geschichte von einigen Urvölkern, die ihren Angriffen durch gewaltigen Schlachtenlärm einen besonderen Nachdruck zu geben versuchten, aber sie verschweigt auch nicht, dass sie trotz dessen mitunter arg zugerichtet heimgeschickt wurden. Noch unsicherer dürfte der Erfolg dieser geräuschvollen Angriffsweise auf wissenschaftlichem Felde sein, wo allein der Schärfe der Waffen selbst, der Experimente und logischen Schlussfolgerungen, die Entscheidung zufällt, und gerade in dieser Beziehung lassen die Angriffe des Hrn. Brefeld viel zu wünschen übrig.

Vollends unzulässig in der Discussion sind Drohungen, die fast das Ansehen von Verdächtigungen haben. Wenn Hr. Brefeld sagt:

„Ich muss es mir leider für diesmal versagen, auf die Ausführung der Versuche des Hrn. Traube einzugehen; ihre Fehler wird indess Jeder, der Chemiker ist, der nur einmal ein Barometer¹⁾ gemacht hat, . . . schon bei oberflächlicher Durchsicht erkennen. Ich will aber nicht unterlassen, zu bemerken, dass ich bereit bin, die Versuche des Hrn. Traube als unrichtige darzulegen.“

so sind solche Vertröstungen auf die Zukunft durchaus nicht geeignet, unsere Kenntnisse in der Gegenwart zu vermehren und ein Jeder wird wohl bei derartigen Drohungen auf den Gedanken gekommen sein, Hr. Brefeld hätte seine Polemik besser bis zu dem Zeitpunkt verschoben, wo er die Unrichtigkeit meiner Experimente selbst würde nachzuweisen im Stande sein.

Seine theoretischen Einwendungen gegen meine Versuche und die fortgesetzte Vertheidigung seiner von mir angegriffenen Behauptungen werde ich in Nachstehendem in allen wesentlichen Punkten als unhaltbar erweisen.

I. Hr. Brefeld behauptet, man könne kein sauerstoffgas-freies Medium herstellen. „Welcher Mensch“, ruft er aus, „kann den absoluten Beweis beibringen, dass es überhaupt ein sauerstoffgas-freies Medium giebt“ und stellt mit dieser Herausforderung die fundamentalsten Thatsachen der Chemie in Frage. Ein Schüler Bunsen's bricht den Stab über die gesammte Eudiometrie, da jedes Verfahren, den Sauerstoff in einem Gasgemenge zu bestimmen, auf der Anwendung solcher Substanzen beruht, die sich durch ihre Affinität zum Sauerstoff denselben bis zum letzten Molekül aneignen. Die Chemie

¹⁾ In wiefern meine Methode, mit Anwendung von Indigschwefelsäure eine sauerstofffreie Zuckerlösung herzustellen, mit der Kunst, Barometer zu machen, zusammenhängt, ist mir — nebenbei gesagt — durchaus unerfindlich.

kennt eine grosse Anzahl solcher Substanzen, z. B. Wasserstoff, Stickoxyd, Phosphor, Mischung von Schwefel und Eisenfeile, Schwefelkalium- und Natrium, Zinn und Kupferoxydulsalze, metallisches Kupfer mit Salzsäure, Pyrogallussäure in alkalischer Lösung, alkalische Traubenzuckerlösung mit Indigo oder Indigoschwefelsäure u. s. w., die, mit reinem Sauerstoff zusammengebracht, denselben eben so vollständig absorbiren, wie die kaustischen Alkalien die Kohlensäure. Es ist in der That nicht der geringste Grund einzusehen, weshalb sie die letzten Moleküle aus irgend einer Regung des Mitleids mehr schonen sollten, als die ersten.

Zur Absorption des Sauerstoffs in Gasanalysen gebrauchte man früher mehrere der oben genannten Substanzen und ist bei der ausschliesslichen Verwendung des Wasserstoffs stehen geblieben, nicht, weil die anderen den Sauerstoff nicht vollständig verzehren, sondern weil der Wasserstoff die rascheste Verbrennung erleidet und die Anwendung von Lösungen überflüssig macht, die durch ihre Absorptionsfähigkeit für andere, gleichzeitig anwesende Gase die Genauigkeit der Resultate stören.

Handelt es sich aber darum, aufgelöstes Sauerstoffgas aus wässrigen Lösungen wegzuschaffen, so ist der Wasserstoff durchaus ungeeignet, weil 1) seine Entzündungstemperatur sehr hoch, weit über Kochhitze des Wassers, liegt und 2) seine Löslichkeit in Wasser so gering ist, dass er, selbst im Falle der Wirkungsfähigkeit, nur schwer zum aufgelösten Sauerstoff gelangen könnte.

Man kann zu diesem Zweck nur solche Körper verwenden, die den Sauerstoff bei gewöhnlicher oder wenig erhöhter Temperatur chemisch binden und gleichzeitig im Wasser löslich sind. Hierzu gehören sehr viele der oben genannten Substanzen. Bringt man dieselben in wässriger Lösung mit freiem Sauerstoff zusammen, so absorbiren sie ihn bei geeigneter Temperatur vollständig. Es ist demnach nichts leichter, als eine sauerstoffgasfreie wässrige Lösung herzustellen.

Um speciell die Nährlösung der Hefe von aufgelöstem Sauerstoffgas zu befreien, eignete sich die alkalische Indigoschwefelsäure bei Anwesenheit von Invertzucker vorzugsweise, weil die Mischung mit ihrer Affinität zum Sauerstoff auch noch die Eigenschaft verband, der Hefe unschädlich zu sein. Ausserdem besass sie noch eine andere sehr werthvolle Eigenschaft.

Während nämlich viele oxydable Körper, wie Schwefelkalium, Zinnoxidulsalze, Pyrogallussäure nicht erkennen lassen, wann die chemische Bindung des Sauerstoffs beendet ist, setzt uns die Indigoschwefelsäure durch ihre schroffe Farbenänderung von blau zu farblos (oder schwach gelblich) sofort davon in Kenntniss. Eine solche Lösung

kann keine Spur von Sauerstoff enthalten, da Indigo weissschwefelsäure neben Sauerstoff nicht bestehen kann.

Sie erfüllt also, wie man sieht, einen doppelten Zweck: 1) sie bindet den Sauerstoff vollständig, 2) sie ist Indicator für die vollendete Reaction. In dieser letzteren Eigenschaft wurde die Indigschwefelsäure auch von Schützenberger¹⁾ bei seiner Methode, den in Wasser gelösten Sauerstoff durch hydroschwefligsaures Natron zu bestimmen, schon früher angewandt.

In meiner Arbeit²⁾ habe ich zwei Versuchsreihen gemacht. In der einen wurde die Nährlösung zur Austreibung des Sauerstoffs nach dem Pasteur'schen Verfahren ausgekocht und durch Zuführung reducirter (farbloser) Indigschwefelsäure nachgewiesen, dass aller Sauerstoff in der That ausgetrieben war³⁾. Hier war die reducirte Säure bloß Reagens und diesen Versuchen gegenüber könnten allenfalls die schwermüthigen Betrachtungen des Hrn. Brefeld über die Grenzen unserer Erkenntniss und die nur relative Empfindlichkeit der Reagentien Geltung finden, denn in der That wäre vielleicht eine unendlich geringe Spur von Sauerstoff nicht im Stande gewesen, die Gesamtmasse der zugefügten entfärbten Indiglösung deutlich zu bläuen⁴⁾.

In einer anderen Versuchsreihe (Versuch 7 und Versuche laut Anmerkung S. 880) aber wurde alkalische Indigblauschwefelsäure der Nährlösung sofort zugesetzt und mit dieser zugleich bis zum Eintritt der Farblosigkeit (d. h. bis zur vollständigen chemischen Bindung des Sauerstoffs) gekocht. Hier fungirte die Mischung von Invertzucker und Carmin als Absorptionsmittel und gleichzeitig als Indicator für die vollendete Reaction.

Man hatte es in der Hand, die Anzeige beliebig empfindlich zu machen. Je mehr Indiglösung vorher zugesetzt wurde, desto schroffer war der Uebergang von intensivem Blau zur Farblosigkeit und man mußte fast blind sein, um eine so markirte Farbenänderung nicht unterscheiden zu können.

Dennoch ist sie Hrn. Brefeld nicht scharf genug, weil — sie ohne Mikroskop beobachtet wurde. Als ob dieses Instrument überhaupt neben seiner Fähigkeit, die Objecte vergrößert darzustellen, auch noch die — hier ganz nutzlose — Eigenschaft besäße, die Farbenintensität zu verschärfen!

„Ein Reagens von solcher Rohheit“ — so ruft er aus — „soll an der Grenze der Unfehlbarkeit stehen? Eine blaue Farbenerscheinung

¹⁾ Schützenberger u. Gérardin. C. v. 75, S. 879 und Chemisches Centralbl. 1872, S. 726.

²⁾ Diese Ber. VII, S. 872.

³⁾ Versuch 6. Diese Ber. VII, S. 880.

⁴⁾ Gleichwohl musste auch hier die Nährlösung durch Zusatz der reducirten Indigschwefelsäure selbst von der letzten Spur aufgelösten Sauerstoffs befreit worden sein.

mit blossem Auge betrachtet, ist das die Grenze der Wissenschaft? Ich denke, ein wirklicher Chemiker muss sich sträuben, . . . sich vorreden zu lassen, dass mit einem solchen Reagens die Grenze der Wissenschaft erreicht ist.“ (Diese Ber. VIII, S. 425.)

Ich aber denke, die Grundlosigkeit einer solchen, mich nebenher verdächtigenden Voraussetzung hinreichend dargethan zu haben, und gehe zur Erörterung der zweiten Frage über.

II. Vermag die Hefe sich in sauerstoffgasfreien Medien zu vermehren?

Nach den vorangehenden Erörterungen ist es wohl zweifellos, dass ich in meinen Versuchen eine sauerstoffgasfreie Nährlösung vor mir hatte, und da weitere Einwände gegen diese Versuche nicht erhoben wurden, so wäre die Streitfrage im bejahenden Sinne erledigt.

Wie aber kam Hr. Brefeld zu dem entgegengesetzten Resultat?

Eigentlich hat er dieses selbst schon zweifelhaft gemacht. Denn wenn Jemand behauptet, man könne kein sauerstoffgasfreies Medium herstellen, so giebt er damit zu, dass er das stricte Experiment zur Entscheidung der Frage, ob sich die Hefe in einem solchen Medium vermehre oder nicht, zu liefern ausser Stande sei.

Indess will ich auf diese logische Consequenz kein weiteres Gewicht legen und auf eine nochmalige, diesmal genauere Kritik seiner hierher gehörigen Versuche eingehen.

Ich hatte Hrn. Brefeld bereits nachgewiesen, seine Behauptung, die Hefe könne ohne Sauerstoff nicht wachsen, denn sie wachse in Kohlensäure nur deshalb, weil diesem Gase allemal Sauerstoff beigemischt sei, was wiederum dadurch bewiesen sei, dass die Hefe darin wachse, enthalte einen Cirkelschluss. Hierauf entgegnete er, er habe direct nachgewiesen, dass die Kohlensäure sauerstoffhaltig sei. Ich sah nach und fand, dass dieser Nachweis mit Kalilauge geführt war, mit der man bekanntlich auf Kohlensäure, aber nicht auf Sauerstoff reagirt.

Und was entgegnete Hr. Brefeld, als ich ihm diesen unglaublichen Fehler nachwies? — einfach nichts!

Nun ist es nicht Jedermanns Sache, einen Irrthum offen einzugestehen, und schliesslich thut Stillschweigen in der Sache selbst die nämlichen Dienste. Aber worauf gründet sich dann der fortgesetzte Widerstand, die immer erneute Behauptung, dass der Nachweis, eine Vermehrung der Hefe ohne Sauerstoff sei unmöglich, von ihm geführt sei? Offenbar auf eine Beobachtung, die wiederum eine verschiedene Deutung zulässt.

Hr. Brefeld ¹⁾ hatte nämlich gefunden, dass Hefe in einer Kulturlösung in Kohlensäure Anfangs weiter wuchs, aber nach einiger

¹⁾ Landwirthsch. Jahrb. Jahrg. 3, S. 23.

Zeit sich zu entwickeln aufhörte und erst dann wieder zu wachsen anfangt, wenn Sauerstoff zugeführt wurde¹⁾). Seine Interpretation dieser Beobachtung ging dahin, dass das Wachstum der Hefe durch den angeblichen²⁾ Sauerstoffgehalt der Kohlensäure bis zu dessen Verbrauch unterhalten worden sei, neues Wachstum aber erst nach Zuführung neuen Sauerstoffs begonnen habe.

Ich deute jene Beobachtung, nachdem nun einmal directe Versuche die Fortdauer des Hefewachsthums auch bei Abwesenheit des Sauerstoffs unzweifelhaft dargethan haben, in anderer Weise.

Die Hefe vermehrt sich bei Ausschluss des Sauerstoffs auf Kosten der Eiweissstoffe der Nährlösung, die dabei theils assimiliert, theils in Cellulose und stickstoffhaltige Abfallprodukte gespalten werden. Nach Verbrauch der Eiweissstoffe steht ihr Wachstum still³⁾). Erst bei Zutritt von Sauerstoff vermag die Hefe aus diesen stickstoffhaltigen Abfällen und dem mitanwesenden Zucker die Eiweissstoffe zu regeneriren und sich dadurch neue Nahrungsquellen zu verschaffen, die sie zu fernerm Wachstum verwerthet.

Erst bei Zutritt von Sauerstoff findet hiernach der Zucker seine Verwendung zur Bildung von Cellulose; bei Ausschluss des Sauerstoffs entsteht diese nur durch Spaltung der Eiweissstoffe selbst. Doch ist das eine Hypothese, über deren Zulässigkeit weitere Versuche zu entscheiden haben.

Dass die Hefe überhaupt bei Zutritt des Sauerstoffs sich weit lebhafter entwickelt, als bei dessen Abwesenheit, wird ja von Niemandem bestritten und ist von Hrn. Pasteur und mir (s. meine Parallelver-

¹⁾ Ich habe Grund, diese Beobachtungen der Hauptsache nach für richtig zu halten. In meinen früheren Versuchen 6 und 7 über die Vermehrung der Hefe in sauerstoffgasfreien Nährlösungen trat Trübung der Flüssigkeit (d. h. Vermehrung der Hefe) meist nach 3 bis 4 Tagen ein; einige Tage darauf begann die Klärung durch Absetzen der Hefe, das nach 8 bis 14 Tagen meist vollständig erfolgt war, was nur dahin gedeutet werden kann, dass die Vermehrung nunmehr aufgehört hatte. Die Zersetzung des Zuckers (die Kohlensäureausscheidung) ging trotzdem noch lange Zeit fort. Liess man nach eingetretener Klärung Luft zutreten, so trübte sich die Lösung von Neuem unter verstärkter Kohlensäureentwicklung.

²⁾ Directe Versuche überzeugten mich, dass die Kohlensäure aus Marmor und Salzsäure vollkommen sauerstoffgasfrei ist, wenn der Strom genügend lange andauert hat, da alsdann eine eingeschaltete Lösung von alkalischer, mittelst Invertzucker reducirter Indigschwefelsäure auch in $\frac{3}{4}$ Stunden nicht gebläut wird. Wo soll denn auch der Sauerstoff zuletzt herkommen?

³⁾ In Brefeld's Versuchen, angestellt mit wenigen Tropfen der Nährlösung, hörte die Vermehrung der Hefe schon nach 2 Tagen auf, in meinen Versuchen mit 100 CC. Nährlösung begann sie in augenfälliger Weise erst nach 3 bis 4 Tagen (s. d. Bemerk. weiter oben), um sich noch durch einige Tage hindurch fortzusetzen, — eine Differenz, die sich einfach dadurch erklärt, dass die Dauer der Vermehrung sich nach dem Quantum der Nährlösung resp. der in ihr vorhandenen Eiweissstoffe richtet (s. weiter unten Versuch 10).

suche 3, 4 und 5 und Anmerkung 1 S. 851)¹⁾ wiederholt hervorgehoben worden.

So geringen Werth man aber auch dieser entgegengesetzten Interpretation beimessen mag, sie beweist wenigstens so viel, dass jene Beobachtung des Hrn. Brefeld verschiedener Auslegung fähig ist, und zweideutige Versuche keine zwingenden Schlüsse gestatten. Die Erledigung der Erage, ob die Entwicklung der Hefe von der Anwesenheit des Sauerstoffs abhängt, ist eben durchaus an die Herstellung einer sauerstoffgasfreien Nährlösung geknüpft und die mit einer solchen angestellten Versuche haben im bejahenden Sinne entschieden.

Was vermag der zwingenden Gewalt dieser Thatsache gegenüber die theoretische Behauptung, dass alle Organismen zur Ausübung ihrer Lebensfunctionen ausnahmslos des freien Sauerstoffs bedürfen, der hier allemal das treibende „Agens“ sein soll, wie die „Feder in der Maschine“?

Auch ich bin sehr durchdrungen von der hohen Bedeutung des Sauerstoffs für die organische Welt und glaube durch meine Arbeiten über „Die Respiration der Pflanzen“²⁾ und „Ueber die Beziehung der Respiration zur Muskelthätigkeit und die Bedeutung der Respiration überhaupt“³⁾ einige Beweise dafür geliefert zu haben. Irre ich nicht, so war ich der Erste, der bereits 1859⁴⁾, zu einer Zeit, als noch die Liebig'sche Lehre von dem Gegensatze der Respiration der Thiere (Sauerstoffeinathmung) zu der Respiration der Pflanzen (Sauerstoffaushauchung) in vollster Anerkennung stand, den auf Versuche begründeten Satz aussprach: „Bezeichnen wir bei den Thieren denjenigen zur Erhaltung ihres Lebens nothwendigen Akt, der in der Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure besteht, mit Respiration, so besitzen alle Pflanzen (ganz ausser Zusammenhang mit ihrer Fähigkeit, durch ihre grünen Theile die Kohlensäure zu zersetzen) eine Respiration gleich den Thieren. Die Respiration ist ein für die Erhaltung aller Organismen nothwendiger Akt“.

Wenn sich jetzt durch entscheidende Versuche herausgestellt hat, dass Pasteur's Behauptung richtig sei und jener Satz zu Gunsten der Hefe (und wahrscheinlich auch anderer niederer Organismen) eine Einschränkung erleiden müsse, so ist dies ohne Zögern anzuerkennen. Freilich darf man dabei nicht ausser Acht lassen, dass auch die Hefe, die bei Zutritt des Sauerstoffs eine ungleich raschere Vermehrung zeigt, als bei dessen Abwesenheit, sich durch dieses Verhalten dem allgemeinen Gesetz in gewisser Beziehung anschliesst, und vielleicht liegt gerade in diesem zwiefachen Verhalten der Schlüssel zu einem

¹⁾ Diese Ber. VII.

²⁾ Monatsberichte der Berliner Academie der Wissensch. 1859, S. 83.

³⁾ Virchow's Archiv f. pathol. Anat. Bd. 21, S. 386.

⁴⁾ Ueber die Respiration der Pflanzen a. a. O. S. 93.

tieferen Einblick in das Wesen der Respiration überhaupt. (Vergl. die oben von mir aufgestellte Hypothese, die von diesem zwiefachen, scheinbar sich selbst widersprechendem Verhalten der Hefe Rechen-schaft giebt).

III. Herr Brefeld bekämpft ferner meinen Satz: „Die entwickelte Hefe vermag sich bei Ausschluss der Luft auf Kosten der Eiweissstoffe zu vermehren“.

Ich hatte diesen Schluss aus zwei Parallelversuchen gezogen, (s. meine Versuche 7 und 8, diese Ber. VII, S. 880, 882), die mit sauerstofffreien Invertzuckerlösungen zu gleicher Zeit und in gleicher Weise angestellt waren, mit dem einzigen Unterschiede, dass die eine Lösung etwas Hefeabkochung enthielt, die andere nicht. Nur die erstere wurde trübe durch Vermehrung der Hefe und ich wüsste nicht, in welcher anderen Weise man diesen Versuch interpretiren könnte.

Herr Brefeld aber führt eine Reihe philosophischer Betrachtungen dagegen ins Feld: „Es ist eine Absurdität“, meint er, „anzunehmen, dass die Eiweissstoffe die Kraft zur Unterhaltung aller Lebensprozesse besitzen sollen“.

Als ob Eiweissstoffe bei ihrer Zersetzung nicht in ähnlicher Weise lebendige Kraft erzeugen könnten, wie der Zucker in der alkoholischen Gährung! In meiner Abhandlung: „Ueber die Verbrennungswärme der Nahrungsstoffe“¹⁾ habe ich bereits darauf hingewiesen, dass der Sauerstoff in den meisten organischen Verbindungen nicht in dem Zustande enthalten ist, in welchem er alle die Wärme entwickelt hat, die er erst bei vollkommener Verbrennung zu Kohlensäure und Wasser erzeugt. Ich habe dort ferner, namentlich unter Zugrundelegung der Dulong'schen Versuche über die thierische Wärme nachgewiesen, nicht nur, dass der Sauerstoff in den Kohlehydraten und Eiweisskörpern noch einen Theil seiner Spannkraft beibehalten hat, sondern auch, dass die Eiweissstoffe in dieser Beziehung den Kohlehydraten ganz gleich stehen. Hierdurch erklärt sich einfach, weshalb bei dem Zerfall der Kohlehydrate, wie der Eiweissstoffe an sich, auch ohne Betheiligung freien Sauerstoffs (wie z. B. in der alkoholischen Gährung des Zuckers) lebendige Kräfte frei werden können. Zur Controle meiner obigen These habe ich inzwischen noch einige gleichzeitige Parallelversuche gemacht. Hing nämlich die Vermehrung der Hefe in der That von der Anwesenheit der Eiweissstoffe ab, so musste eine minimale Hefemenge in gleicher Zeit um so stärkere Vermehrung zeigen, mit je grösseren Mengen Nährlösung sie zusammengebracht wurde.

¹⁾ Virchow's Archiv f. path. Anat. 1862, Bd. 21, S. 414.

Versuch 10. 28. Mai 1874.

Zu 50 CC. 10procentiger kochender Invertzuckerlösung, die gleichzeitig die Abkochung von 2.0 Grm. feuchter Bierhefe enthielten, wurden einige Tropfen Indigschwefelsäure zur Blaufärbung und hierauf 0.004 Grm. trockenes kohlen-saures Natron zugefügt und bis zur Reduction der Indigschwefelsäure, resp. bis zur völligen Apsorbtion des Sauerstoffs erhitzt.

Von dieser Lösung wurde in eine lange, auf der einen Seite geschlossenen Glasröhre A (von ca. 95 CC. Rauminhalt) 5 CC., in eine zweite ganz ähnliche Glasröhre B 10 CC., in eine dritte ähnliche C 15 CC. gebracht, alle 3 Röhren durch Zugiessen von Quecksilber bis an den Rand gefüllt und in eine Porzellanschale mit Quecksilber umgestürzt, nachdem man noch vorher durch zweckmässiges Neigen der Glasröhren, deren Innenwände mit der Lösung benetzt¹⁾ und die daran haftenden Luftbläschen, so weit möglich, entfernt hatte.

Nummehr wurde die ganze Vorrichtung durch eine, unter die Schale gestellte Flamme erhitzt. Erst, als die Temperatur des Quecksilbers in der Schale 130° C. erreicht hatte, war die Erwärmung in den Gipfeln der Glasröhren, wo sich die (während des Eingiessens wieder gebläuten) Lösungen befanden, so weit gestiegen, dass Entfärbung resp. chemische Bindung alles aufgelösten Sauerstoffs eintrat. Ein kleines Gasbläschen, offenbar reiner Stickstoff, blieb in jeder Röhre zurück.

Am folgenden Tage wurde in die Röhre A 0.0023 Grm., in die Röhre B 0.0013 Grm., in die Röhre C 0.0015 Grm. frisch gepresste Bierhefe eingeführt. Dies geschah, wie bei allen ähnlichen von mir ausgeführten Versuchen, in der Weise, dass man die Hefe, eingebettet in flache, offene Grübchen kleiner Wachskugeln durch das Quecksilber aufsteigen liess. Die Zimmertemperatur schwankte während des Versuchs zwischen 19 und 21° C.

In den ersten 4 Tagen verlief die Gährung in allen 3 Röhren ziemlich gleichmässig, dann aber zeigte sich die Trübung (d. h. Vermehrung der Hefe) am Stärksten in Röhre C, die 15 CC., am Schwächsten in Röhre A, die nur 5 CC. Nährlösung enthielt. Entsprechend dieser Vermehrung war auch die Gährung, d. h. die Gasentwicklung, in C am Stärksten, am Schwächsten in A.

Durch die Entwicklung der Kohlensäure war in C schon nach 6 Tagen, in A erst nach 9 Tagen die Lösung nahe bis an das untere

¹⁾ Die Benetzung der ganzen Innenwand der Versuchsgefässe wurde hier, wie in allen derartigen Versuchen, für nöthig erachtet, um auch den etwa adhären- den Luftbläschen durch nachherige Erwärmung der desoxydirenden Lösung jede Spur von Sauerstoff zu entziehen.

Ende der Röhre herabgedrückt. Aus B war sie am achten Tage Morgens bereits herausgedrängt.

Der Versuch hatte demnach das vorausgesetzte Resultat ergeben. Die Vermehrung der geringen Hefeausaat nahm offenbar zu mit der Menge der dargebotenen Eiweissstoffe.

Man könnte einwenden, auch die dargebotene Zuckermenge sei proportional grösser gewesen. Diese aber ist, wie der weiterhin mitzutheilende Versuch 11 ergibt, ganz ohne Einfluss auf die Vermehrung der Hefe und die Intensität der Gährung.

IV. Herr Brefeld bekämpft nach wie vor meine experimentell begründete Behauptung:

Hefekeime entwickeln sich (im Gegensatz zu ausgebildeter Hefe) ohne freien Sauerstoff selbst in dem ihrer Entwicklung günstigsten Medium, in Traubensaft, nicht.

In seinen früheren Bemerkungen gegen mich (diese Ber. VII, S. 1068) stellte er überhaupt in Abrede, dass es einen Unterschied gebe zwischen Hefe und Hefekeimen. Nachträglich hat er der Reess'schen Entdeckung mehr Beachtung gewidmet, dass die Hefe unter besonderen Umständen auch fructificire und Sporen erzeuge. Diesen Gegenstand weiter verfolgend, fand er¹⁾, was er so eifrig bestritten hatte: Während die gewöhnliche, ausgebildete Bierhefe sich meist nur durch Sprossung vermehrt, so dass es ihm überhaupt nie gelang, sie zur Fructification zu bringen, sind die auf den Trauben sitzenden Hefekeime wirkliche, durch Fructification erzeugte Gonidien, die bei reichlichem Luftzutritt immer wieder fructificiren. Dieser gewiss höchst werthvolle Fund, zu dem vielleicht meine Untersuchungen den Anstoss gegeben haben, bestätigt demnach durchaus das, was ich aus derselben vorsichtig erschlossen hatte, dass auf den Trauben Hefekeime sitzen, die sich von der gewöhnlichen Hefe durch ihr physiologisches und chemisches Verhalten wesentlich unterscheiden²⁾. Dass ich mich behutsam ausdrückte, war selbstverständlich, da mir mikroskopische Untersuchungen über diesen Gegenstand anzustellen, durch aus fern lag und solche zu jener Zeit anderweitig nicht vorhanden waren. Auch jetzt ist die Lehre nicht völlig abgeschlossen, denn Herr Brefeld liegt bereits in Fehde mit Herrn Reess, der die Fortpflanzungszellen der Hefe für Ascosporen erklärt, während sie sein Gegner als Gonidien anspricht. Es ist also wohl gerechtfertigt, wenn ich peinlich genug bin, einstweilen noch den einfachen und in seiner

¹⁾ Brefeld, Beobachtungen betreffend die Biologie der Hefe. Botanische Zeitung 1875, S. 401.

²⁾ Herr Brefeld fand u. A. auch, dass die Gonidien ihre Keimkraft ungleich (mehrere Monate) länger behalten, als die gewöhnlichen Sprosszellen.

Allgemeinheit zweckmässigen Ausdruck „Hefekeime“ beizubehalten, den Herr Brefeld selbst mitunter nicht umgehen zu können scheint¹⁾.

So hat denn Herr Brefeld sich selbst widerlegt. Weit entfernt aber, dies einzugestehen und seine interessante Entdeckung zur gründlichen Aufklärung des uns beschäftigenden Gegenstandes zu verwenden, bricht er in verstärktem Zorn aus, um seine Logik von Neuem die wunderlichsten Sprünge machen zu lassen.

Um sich zunächst grössere Mengen jener Hefegonidien zu verschaffen, sammelt er aus gährendem Weinmost, nachdem sich die Unreinigkeiten gesetzt haben, die weiterhin sich bildende Hefe, die aus lauter fructificationsfähigen Zellen besteht und lässt diese Zellen auf Objektträgern in feuchter Luft fructificiren. Diese in wirklich sinnreicher Weise gewonnene Gonidienmasse (die aber doch, wie ich hervorheben möchte, auch einige die Sicherheit des Experiments störende Sprosszellen enthalten konnte) bringt er — hier fängt seine Logik an, unbegreiflich zu werden — wieder in seine mit Sauerstoff verunreinigte²⁾ Kohlensäure und als er selbstverständlich eine Vermehrung der Hefe eintreten sieht, ruft er das als eine Widerlegung meiner Experimente in die Welt. Als ob ich jemals behauptet hätte, dass die Hefekeime bei Anwesenheit von Sauerstoff nicht wachsen!!!

Noch interessanter ist es, wie Herr Brefeld die nun doch einmal nicht zu bezweifelnde Thatsache erklärt, dass Traubenmost ohne Sauerstoff keine Gärung erleidet, eine Thatsache, die von Allen, die sich bis jetzt damit beschäftigt haben — ich nenne Gay-Lussac, Cagniard Latour, Th. Saussure, Doepping und Struve³⁾, mich selbst — übereinstimmend bestätigt wird.

Er behauptet, dass in trockenen Jahren die Hefekeime zumeist abgestorben sind, — eine Erklärung, die den gewöhnlichsten Erfahrungen geradezu ins Gesicht schlägt. Seit 25 Jahren war ich fast bei jeder Lese in der Gegend von Tokay anwesend, habe aber nie gehört, dass auch nur in einem der hundert Tausende kleiner (ca. zweieimriger) Fässer, die dort alljährlich, jedes für sich, gekeltert werden, die spontane Gärung ausgeblieben sei. Auch aus keinem der anderen Weinbau treibenden Länder ist ein derartiges Ereigniss

¹⁾ An einer Stelle (diese Ber. VIII, S. 430) sagt Herr Brefeld: „Ich will bemerken, dass bei meinen fortgesetzten Untersuchungen über das Vorkommen der Hefekeime in der Natur sich herausgestellt hat,“

²⁾ Weiter unten werde ich zeigen, dass die Kohlensäure vielleicht sauerstoffgasfrei war und der Fehler der Methode in einer anderen Versuchsbedingung lag. Keinesfalls durfte aber Herr Brefeld zu meiner Widerlegung eine Kohlensäure verwenden, die er selbst für sauerstoffhaltig hielt.

³⁾ Journal f. pract. Chem. 1847. Bd. 41, S. 267, woselbst auch die Literatur über diesen Gegenstand bis 1847.

je berichtet worden, das sicherlich bei allen Weinbauern das grösste Aufsehen zu erregen nicht verfehlt hätte.

Und soll man etwa zu Gunsten des Herrn Brefeld annehmen, dass alle die genannten Forscher durch einen der wunderbarsten Zufälle nur mit Weintrauben trockener Jahre gearbeitet haben, wo auch nicht ein Hefekeim mit dem Leben davongekommen? Denn nur ein gesunder Keim würde ja genügt haben, die Gährung einzuleiten!¹⁾

In meinen Versuchen 1 und 2 habe ich überdies ausdrücklich erwähnt, dass Proben des Mostes, der bei Ausschluss der Luft nicht gegohren hatte, bei Seite gestellt, sehr bald in Gährung übergangen.

Noch mehr! Gay-Lussac wurde zu seiner bekannten Versuchsreihe durch die zufällige Beobachtung geführt, dass er nach Appert'scher Methode ein Jahr lang conservirten Most bald in Gährung übergehen sah, als er ihn in eine andere Flasche überleert hatte²⁾. Er liess dann bei weiterer Untersuchung Appert'schen Most in Glocken über Quecksilber aufsteigen; zu einer Probe fügte er Sauerstoff hinzu, zur andern nicht. In jener trat die Gährung bald ein, in dieser blieb sie aus. Was beweist das Anderes, als dass die Hefekeime, die im Most selbst lebend nicht vorhanden sein konnten, da er nach Appert'scher Methode gekocht war, nicht blos auf den Weintrauben sitzen, sondern überall vorhanden sind — in der Luft³⁾, im Quecksilber, in allem Staub!

Derselbe ausgezeichnete Experimentator beobachtete, dass, nachdem er Weintrauben unter Ausschluss der Luft zerquetscht hatte und Wochen lang die Gährung ausgeblieben war, diese bald eintrat, wenn er einige Blasen Sauerstoff zuführte, ja, wenn er dieses Gas durch den galvanischen Strom aus dem Most selbst entwickelte. Wer darf hier von trockenen Jahrgängen reden? Beweisen diese Versuche nicht bis zur Evidenz, dass die Keime allemal vorhanden und nur durch Mangel an Sauerstoff an ihrer Entwicklung verhindert waren?

Diese Versuche sind um so schlagender, als sie vollkommen vorurtheilsfrei zu einer Zeit angestellt waren (1810), wo man die organi-

¹⁾ Wenn Herr Ferdinand Cohn in den mikroskopischen Proben zerquetschter Weintrauben, die er zu untersuchen die Güte hatte, keine Hefezellen fand, geht daraus — wie Herr Brefeld schliesst — hervor, dass auf den 128 Grm. Weintrauben, die zu meinem Versuch 2 gedient hatten und auf der gesammten Innenfläche des Versuchsgefässes keine einzige Hefezelle vorhanden war? Hätte man etwa danach suchen sollen? Wozu denn solche, in sich unhaltbare Einwürfe, an deren Widerlegung man nur widerwillig Zeit und Geduld verschwendet?

²⁾ Ann. de Chimie. Bd. 76, S. 245, und Journal der Pharmacie von Trommsdorf. 1811. (Bd. 20, 2. Stück, S. 192.)

³⁾ Aus den Versuchen von Bardou-Sanderson (Journal of microscop. Science, 1871, S. 323) geht ebenfalls hervor, dass, während Bakterien selten, fast nie in der Luft vorhanden sind, für Hefe und Schimmelsporen das Gegentheil gilt.

sche Natur der Hefe nicht kannte. Niemand aber wird sich eines Bedauerns erwehren können, dass so althehrwürdige Erwerbungen der Wissenschaft, mustergiltig für alle Zeiten durch ihre Methode, Gefahr laufen können, durch nicht sorgsam genug angestellte und doch zu den kühnsten Schlüssen benutzten Versuche ihre Bedeutung einzubüssen.

Man wird mir beipflichten, wenn ich ausspreche, dass meine Behauptung, zur Entwicklung der Hefekeime sei Sauerstoff nöthig, weit entfernt, durch Herrn Brefeld widerlegt zu sein, im Gegentheil durch seine physiologischen Studien eine glänzende Bestätigung erfahren habe.

Dürfte man die morphologischen Arbeiten über die Hefe für abgeschlossen halten, so würde man jetzt sagen können: Die Fortpflanzungszellen der Hefe (Ascosporen? Gonidien?) bedürfen zu ihrer Keimung des Sauerstoffs unbedingt, während entwickelte Hefe neue Sprossen auch ohne Sauerstoff zu entwickeln vermag.

Ich könnte diesen Gegenstand jetzt, als erledigt, verlassen. Da es aber nicht meine Absicht ist, nur unproduktive Polemik zu treiben und lediglich Herrn Brefeld zu widerlegen, sondern den errungenen Thatbestand nach allen Seiten vor neuer Verwirrung sicher zu stellen, will ich noch näher beleuchten, weshalb Herr Brefeld die Hefekeime in Kohlensäure wachsen sah, während sie in meinen Versuchen und bei Herren Doepping und Struve¹⁾ in diesem Gase nicht zur Entwicklung gelangten. Die Weintrauben wurden von mir und Herren Doepping und Struve erst zerdrückt, nachdem alle atmosphärische Luft durch einen mehrere Stunden andauernden Strom von Kohlensäure ausgetrieben war, so dass der Most, als er mit den Sporen in Contact trat, nie, auch nur vorübergehend mit Sauerstoff in Berührung gewesen war. Herr Brefeld aber²⁾ mischte, ganz wie in seinen früheren³⁾ Versuchen mit Bierhefe, die Hefesporen mit der Nährlösung bei Zutritt der Luft, brachte die Mischung dann erst in die Glaskammer, durch die er einen starken Kohlensäurestrom durchtreten liess, und es ist wahrscheinlich, dass die Kohlensäure den von der Nährlösung vorher aufgenommenen Sauerstoff nicht mehr gänzlich zu entfernen vermochte. Ob ausserdem die Kohlensäure selbst vorher genügend lang entwickelt worden, ob nicht während des Versuchs sauerstoffhaltige Salzsäure nachgegossen, überhaupt mit allen nöthigen Cautelen verfahren wurde — in meinen Versuchen war z. B. zur möglichsten Verhütung des Luftzutritts auf die Salzsäure im Entwicklungsgefäss eine Oelschicht aufgegossen worden, — muss ich

1) Gay-Lussac, Cagniard Latour, Saussure benutzten zu ihren Versuchen nicht eine Atmosphäre von Kohlensäure, sondern eine mit Quecksilber gefüllte Glocke.

2) Diese Ber. VIII, S. 429.

3) Landwirthschaftliche Jahrbücher, Jahrgang III, Heft 1, S. 21.

dahingestellt sein lassen. Jene Fehlerquelle allein genügt, diese Versuche, wie die früheren ähnlichen des Herrn Brefeld mit Bierhefe, unbrauchbar zu machen.

Somit glaube ich denn, in eingehender und — so weit es einer allzu herausfordernden Sprache gegenüber möglich war — sachlicher Erörterung nachgewiesen zu haben,

dass die Ergebnisse meiner Untersuchungen „über das Verhalten der Alkoholhefe in sauerstoffgasfreien Medien“ durch die Einwendungen des Herrn Brefeld in keiner Weise erschüttert werden.

Ich bin weit entfernt, seine Verdienste um die Gährungsfrage schmälern zu wollen. Wir haben Beide unabhängig von einander und überraschender Weise genau von demselben Gesichtspunkt aus, wenn gleich mit ganz verschiedenen Experimenten, die Schwächen der Pasteur'schen Gährungstheorie darzulegen gesucht. Auch Herr Brefeld hat Versuche geliefert und Methoden angewandt, gegen die an sich nichts einzuwenden ist. Andere, die meinen Versuchen widersprachen, habe ich bekämpft, weil ich sie für unrichtig oder ungenau zu halten Ursache hatte. Die Hauptsache war und ist mir die Erforschung und Klarlegung der Sache selbst.

Ich habe noch einige Bemerkungen anzuschliessen über Hr. Pasteurs „neue Beobachtungen über die Natur der alkoholischen Gährung“¹⁾. Hr. Pasteur war, was wohl kaum erwähnt zu werden braucht, der Erste, der auf Grund von Versuchen behauptet hat, dass Hefe auch ohne Sauerstoff wachse. Er wandte zu denselben ausgekochte Nährlösungen an, die er für frei von Sauerstoff hielt, ohne den direkten Beweis dafür zu liefern. Ich habe diese Lücke ausgefüllt und, indem ich die Nährlösungen nicht blos durch Kochen, sondern (in zwei anderen Versuchsreihen)²⁾ auch durch Zufügung alkalischer Indiglösung nachgewiesener Maassen von allem Sauerstoff befreite, Pasteurs Behauptung bis zur Evidenz bestätigte.

Hr. Pasteur hat neuerdings in Folge der Arbeiten von Hr. Brefeld und mir seine früheren Versuche mit demselben Erfolg wiederholt, diesmal aber durch Zusatz des Schützenberger'schen Reagens (Indigcarmin, reducirt durch Natriumhydrosulphit) nachgewiesen, dass die gekochte Nährlösung keinen Sauerstoff enthielt zur Zeit, als er die Hefeausaat zuführte. Seine Versuche ergaben: 1) Vermehrung der Hefe, was mit meinen Beobachtungen übereinstimmt, 2) Vollständige Vergärung des Zuckers, was meinen Be-

¹⁾ Comptes rendus 1875, Bd. 80, S. 452.

²⁾ Vers. 7 u. Bemerkung dazu. Diese Berichte VII, S. 879.

obachtungen widerspricht. Ich hatte nämlich in meinen Versuch 3 und 4 gefunden, dass eine geringe Hefeausaat in passenden Nährlösungen sich bei Ausschluss des Sauerstoffs nicht so stark vermehrt und früher abstirbt, wie bei Zutritt desselben, und dass in Folge davon der Zucker im ersteren Falle nur bis zum Drittheil oder zur Hälfte vergäht, während er in letzterem Falle bekanntlich vollständig zersetzt wird.

Hr. Pasteur erklärt diesen Widerspruch dadurch, dass er zu seinen jüngsten Versuchen die (von ihm zuerst hergestellte) bakterienfreie Hefe angewandt hat, während die gewöhnliche von mir benutzte Bierhefe bekanntlich Bakterien enthält, die bei Ausschluss der Luft die Entwicklung der Hefe beeinträchtigen.

Dieser Vorwurf ist um so schwerer zu widerlegen, als Hr. Pasteur sein Verfahren, bakterienfreie Hefe herzustellen, bis jetzt meines Wissens nicht veröffentlicht hat. Wenn es indess, wie ich hoffe, mir bald gestattet sein wird, meine durch verschiedene Umstände seit mehr als Jahresfrist unterbrochenen Arbeiten wieder aufzunehmen, so werde ich mir eine Probe solcher Hefe von Hrn. Pasteur erbitten, um meine Versuche auch nach dieser Seite hin zu ergänzen.

Zum Schluss führe ich noch einen bereits vor fast $1\frac{1}{2}$ Jahren gemachten Versuch an, durch den ich ermitteln wollte, wie viel reine Zuckerlösung von einer bestimmten (minimalen) Hefemenge bei Abwesenheit aller sonstigen Nährstoffe und allen Sauerstoffs zersetzt wird. Ich habe darüber nirgends eine bestimmte Angabe finden können, da man in neuerer Zeit gewohnt ist, sich alle Gärung abhängig von der gleichzeitigen Ernährung der Hefe zu denken.

Versuch 11. 29. Mai 1874.

Zu 50 CC. reiner kochender 10 procentiger Lösung von reinem Invertzucker (dargestellt aus bestem Candis) wurde etwas Indigcarmin bis zur Blaufärbung und 0.004 Grm. trocknes kohlen-saures Natron zugefügt, und von dieser Lösung in eine an dem einen Ende geschlossene Glasröhre A (von circa 95 CC. Rauminhalt) 5 CC., in eine zweite ähnliche B 10 CC. eingeführt. Um die Lösung durch Erhitzen vom aufgelösten Sauerstoff zu befreien, wurde genau wie in Versuch 10 verfahren, der sich überhaupt von den vorliegenden nur dadurch unterschied, dass dort Nährlösung, hier reiner Invertzucker verwandt wurde.

Die Gärung wurde in jeder der beiden Glasröhren durch 3 Mgr. frisch gepresster Bierhefe bewirkt. Schon nach 2 Tagen begann die Entwicklung der Kohlensäure in Gasform, die während der ganzen Dauer des Versuchs nicht in Form aufsteigender Bläschen, sondern für das Auge unmerklich, von der Oberfläche der übersättigten Lösung

aus Statt fand und zwar in beiden Röhren trotz der verschiedenen Mengen der Zuckerlösung in fortdauernd gleicher Intensität. Nach 24 Tagen, als sich in jeder der beiden Röhren circa 70 CC. Gas entwickelt hatten, wurde durch vollständige Absorption mittelst Kalihydrat in Glocke A festgestellt, dass das Gas reine Kohlensäure war.

Am 3. Juli, also nach 34 Tagen, als die Gasentwicklung noch in vollem Gange war, die Zuckerlösung aber bald herauszutreiben drohte, wurde auch Versuch B unterbrochen.

Es hatten sich hier im Ganzen 88 CC. Kohlensäure entwickelt, hervorgegangen aus der Zersetzung von 0.373 Grm. Invertzucker, 0.003 Grm. Hefe (entsprechend circa 0.0007 Grm. Trockensubstanz) hatte demnach die 124fache Menge oder, auf ihr Trockengewicht bezogen, die 500fache Menge Zucker zersetzt, während ihre Wirkung noch lange nicht erschöpft war. Die Intensität derselben war nämlich erst ungefähr auf die Hälfte herabgesunken, von circa 4 CC. täglich in den ersten 9 Tagen auf circa 2 CC. täglich, die sie in den letzten 10 Tagen noch erzeugte. Die Lösung war während der ganzen Dauer des Versuchs klar geblieben und eine wahrnehmbare Vermehrung der Hefe hatte nicht stattgefunden. Dagegen war eine Veränderung ihrer physikalischen Beschaffenheit eingetreten, indem sie sich zu kleine Häufchen zusammengeballt hatte, die durch Schütteln sich nicht zertheilen liessen. Unter dem Mikroskop zeigten sich grosse Hefezellen, mit geringen Grösse-Unterschieden durch eine structurlose Masse an einander gekittet, ausserdem einige Bakterien.

Die Thatsache, dass eine so geringe Menge Hefe unter völliger Ausschliessung des Sauerstoffs und aller zu ihrer Ernährung nothwendigen Eiweisskörper, also unter den denkbar ungünstigsten Bedingungen der Athmung und Ernährung und ohne sichtbare Vermehrung verhältnissmässig so enorme Mengen Zucker zersetzte, ohne selbst nach 5 Wochen am Ende ihrer Wirksamkeit angelangt zu sein, ist mit der Hypothese des Hrn. Pasteur, dass die Wirkung der Hefe an deren Vermehrung geknüpft sei, wohl kaum vereinbar.

Ferner soll nach Hrn. Pasteur die Hefe bei Ausschluss der Luft den zu ihrer Vermehrung nöthigen Sauerstoff aus dem Zucker entnehmen und das die Ursache seines Zerfalls sein. Nun betrug das Trockengewicht der Hefe hier (incl. aller Aschenbestandtheile) circa 0.7 Mgrm., der Sauerstoffgehalt des zersetzten Zuckers dagegen nahe 200 Mgrm. Nicht den hundertsten Theil davon konnte sich die Hefe angeeignet haben, denn er hätte hingereicht, sie vollständig zu Kohlensäure und Wasser zu verbrennen.

Es ist also nicht der geringste Grund vorhanden, einen Zusammenhang zwischen der Zersetzung des Zuckers und dem zum

Wachsthum der Hefe angeblich nöthigen Sauerstoffverbrauch voraussetzen.

Die einfachste Annahme ist, dass die Gährung des Zuckers, unabhängig von allen Lebensprocessen, bewirkt wird durch eine in der Hefe enthaltene, bestimmte chemische Verbindung von beträchtlicher Dauerhaftigkeit der Zusammensetzung, da sie selbst nach 34 Tagen noch wirksam war.

Breslau, October 1875.

401. B. Aronheim: Eine neue Methode der Chlorirung von Kohlenwasserstoffen durch Molybdänpentachlorid.

(Mittheilung aus dem chem. Laboratorium des Polytechnikums zu Karlsruhe.)

(Eingegangen am 30. October.)

Bei Versuchen, welche im hiesigen Laboratorium angestellt wurden, um ein geeignetes Lösungsmittel für Molybdänpentachlorid zu finden, durch welches diese wenig beständige Verbindung nicht zersetzt, die Heftigkeit ihrer Einwirkung auf andere Stoffe aber gemässigt würde, zeigte es sich, dass selbst Benzol unter Entwicklung von Strömen von Chlorwasserstoff in der Wärme zersetzt wird. Prof. Lothar Meyer vermuthete daher, dass MoCl_5 vielleicht als Chlorüberträger statt des Jods und anderer Körper Verwendung finden könnte, und forderte mich auf, diese Vermuthung experimentell zu prüfen.

Ich habe darauf zunächst einige Versuche angestellt, besonders, um zu erfahren, ob MoCl_5 sich fortwährend regenerirt, nachdem es einen Theil seines Chlors abgegeben. Diese Versuche haben unsere Erwartung nicht nur bestätigt, sondern noch übertroffen.

Das MoCl_5 bewährt sich als ein ganz ausgezeichnetes Chlorirungsmittel und ist meiner Ansicht nach dem bisher angewandten Jod weit vorzuziehen, weil es 1) sehr lebhaft und rasch, 2) sehr gleichförmig von einer Stufe zur anderen chlorirt und 3) aus dem Reactionsprodukt weit leichter als das Jod entfernt werden kann.

Da die Reduction der Oxyde des Molybdäns zu Metall umständlich und in grösserem Maassstab nicht gut ausführbar ist, so wurde das erforderliche Pentachlorid durch Erhitzen des gut getrockneten (durch Fällung erhaltenen) Schwefelmolybdäns in trockenem Chlorgase dargestellt, und gleich in derselben Operation durch Destillation im Chlorgase das Produkt gereinigt. Es wurden auf diese Weise in einer Darstellung leicht etwa 300 Grm. MoCl_5 erhalten.

Vollkommen wasserfreies Benzol (500 Grm.) mit etwa 1 pCt. seines Gewichtes (5 Grm.) MoCl_5 versetzt, absorbirte beim Erhitzen auf dem Wasserbade am Rückflusskühler einen kräftigen Chlorstrom