

erhaltene Menge reichte aber zur genauen Untersuchung nicht aus, wir haben nur ein paar Reductionsversuche gemacht, welche die Abwesenheit eines Orthodinitrobenzols ergeben haben.

255. Moritz Traube: Ueber das Verhalten der Alkoholhefe in sauerstoffgasfreien Medien.

(Vorgetragen in der Sitzung von Hrn. A. W. Hofmann.)

Nachstehende Versuche waren schon längere Zeit vor dem Erscheinen der Untersuchungen über die Alkoholgährung von Osc. Brefeld¹⁾ von demselben Gesichtspunkte aus, d. h. zur Widerlegung der Pasteur'schen Gährungstheorie, unternommen worden.

Nach Pasteur²⁾ soll die alkoholische Zersetzung des Zuckers abhängig sein von der gleichzeitigen Organisation, Entwicklung und Vermehrung der Hefezellen, und darauf beruhen, dass die Hefe, abweichend von allen übrigen Organismen, auch bei Ausschluss der Luft wachsen und den zu ihrem Leben nöthigen Sauerstoff aus dem Zucker entnehmen könne³⁾. Es schien mir aber, wie ich das bereits in einer 1858 erschienenen Abhandlung⁴⁾ ausgesprochen hatte, aus den bekannten Versuchen Gay-Lussac's⁵⁾ über Gährung des Traubenschnitts unzweifelhaft hervorzugehen, dass eine Entwicklung der Hefe ohne Anwesenheit von Sauerstoff unmöglich sei.

Ich veröffentliche diese Versuche erst jetzt, nachdem ich zu ganz entscheidenden, von denen Brefeld's abweichenden Ergebnissen gelangt bin.

Brefeld behauptet, dass die Hefe ohne Sauerstoffgas nicht wachsen könne auf Grund von Versuchen, die als entscheidend nicht gelten können. Er verfolgte mit dem Mikroskop das Wachsthum der Hefe in einer Kohlensäure-Atmosphäre und fand, dass es selbst dann noch fort dauerte, wenn die Kohlensäure zur Beseitigung des beigemengten Sauerstoffs durch eine alkalische Lösung von Pyrogallussäure durchgegangen war. Anstatt es nun hierdurch, wenn auch nicht völlig erwiesen, so doch wenigstens wahrscheinlich zu finden, dass die Hefe auch ohne freien Sauerstoff wachsen könne, machte er, das zu Beweisende schon als erwiesen annehmend, den seltsamen Zirkelschluss,

¹⁾ „Untersuchungen über die Alkoholgährung,“ vorgetragen in der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg 26. Juli 1873.

²⁾ „Die Alkoholgährung.“ 1851. Deutsch übersetzt von Griessmayer. Augsburg 1871. S. 37.

³⁾ Comptes rendus, 1862. Bd. 52. S. 1260.

⁴⁾ Moritz Traube. Theorie der Fermentwirkungen. Berlin 1858. Ferd. Dümmler. S. 48 und 6.

⁵⁾ Ann. de Chimie. Bd. 76. S. 245 — 260 (a. Trommsdorf Journal der Pharmacie. 1811. Bd. 20. S. 192.

dass die durch Pyrogallussäure gereinigte Kohlensäure noch freien Sauerstoff enthalte¹⁾, weil — sie das Wachsthum der Hefe auch dann noch unterhalte.

Man wird unter diesen Umständen der Meinung Brefeld's nicht beipflichten können, „dass seine Untersuchungen erst es möglich machen, die Technik (der Gährung) aus den Windeln der Empirie zu befreien und in rationelle Bahnen zu leiten.“

Meine Versuche knüpften, wie bereits erwähnt, an die Experimente Gay-Lussac's mit Weintrauben an, die, über Quecksilber bei Ausschluss der Luft zerquetscht nicht in Gährung übergangen; diese trat erst dann ein, wenn auch nur die kleinste Menge Sauerstoff zugeführt wurde.

Welche Bedeutung hatte hier der Sauerstoff? Gay-Lussac wusste das nicht zu erklären, da ihm die organische Natur der Hefe unbekannt war. Bei dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse kann es nicht zweifelhaft sein, dass die auf den Schalen der Weintrauben sitzenden oder in der Luft enthaltenen Hefekerne sich im Traubensaft erst dann entwickeln können, wenn ihnen Sauerstoff zugeführt wird — eine Thatsache, die mit der Pasteur'schen Theorie im Widerspruch zu sein schien. Es war um so wünschenswerther, die Versuche von Gay-Lussac in etwas abgeänderter Weise — mit Anwendung einer Kohlensäure-Atmosphäre — zu wiederholen, als späterhin ein sonst sehr genauer Beobachter, van den Broek²⁾, gefunden haben wollte, dass Weintrauben, in Kohlensäure-Atmosphäre zerquetscht, unter reichlicher Hefebildung in Gährung übergehen.

Versuch 1. 4. Februar 1873.

Der Apparat bestand aus drei Theilen:

1) einem in senkrechter Stellung befestigten vulkanisirten Kautschuckschlauch von 45^{mm} innerem Durchmesser, enthaltend ca. 300 Gr. spanische Weintrauben, die man durch Zusammendrücken des Schlauches zerpressen konnte,

2) aus einem Fläschchen, das den auslaufenden Traubensaft aufnahm,

¹⁾ Zur Prüfung seiner Angabe, dass es ihm durch alkalische Pyrogallussäure nicht, wohl aber durch Hefe gelungen sei, die Kohlensäure von beigemengtem Sauerstoff zu befreien, wurde folgender Versuch gemacht:

Zwei Reagenzröhrchen wurden über Quecksilber gestülpt, so dass ca. 30 CC. Luft darin blieben. In die eine Röhre *a* wurde 0.5 Gr. Pyrogallussäure, in die andere Röhre *b* 1 Gr. Hefe in 1 CC. Wasser suspendirt, eingeführt. In *a* stieg das Quecksilber rasch in die Höhe, so dass nach einer halben Stunde die Absorption des Sauerstoffs beendet war. In *b* war in gleicher Zeit kaum eine Spur Sauerstoff absorbirt oder in ein durch Kali absorbirbares Gas (Kohlensäure) verwandelt worden.

²⁾ Liebig's Ann. d. Chemis. 1860. Bd. 115. S. 82.

3) aus einem Döbereiner'schen Kohlensäure-Apparat, der mit Marmor und Salzsäure beschickt wurde. Die Kohlensäure wurde durch Ueberleiten über Marmorstücke von Salzsäuredämpfen befreit.

Es war keinerlei Vorsorge getroffen, um die Keime der mikroskopischen Organismen von den Oberflächen der Beeren oder den Innenwänden der Gefässe zu beseitigen.

Bevor die Beeren zerquetscht wurden, war durch einen mehrstündigen Kohlensäurestrom alle Luft aus dem Apparat verdrängt worden. Die Flasche mit dem Traubensaft blieb während der ganzen Zeitdauer des Versuchs mit dem Kohlensäureapparat in Verbindung, ohne dass ein Gasstrom hindurchging, da das Ableitungsrohr geschlossen wurde. Die Kohlensäure-Atmosphäre stand sonach unter dem, im vorliegenden Falle 320^{mm} betragenden Druck der äusseren Flüssigkeitssäule im Döbereiner'schen Apparat, die um ein etwaiges Eindringen von atmosphärischer Luft durch Diffusion zu verhindern, mit einer Oelschicht bedeckt wurde. Man bezweckte durch die dauernde Verbindung mit dem Kohlensäureapparat, dass bei einer etwa vorhandenen Undichtigkeit nur Kohlensäure von Innen nach Aussen, aber keine atmosphärische Luft hineindringen konnte.

Der Traubensaft war, unmittelbar nachdem er ausgepresst worden, trübe und von grünlicher Färbung. Im Verlauf der nächsten Tage klärte er sich, während sich ein schmutzig weisser Niederschlag (wohl der Hauptsache nach geronnenes Protoplasma) absetzte.

Nach 18 Tagen wurde der Versuch beendet. Während der ganzen Dauer desselben war keine Gasentwicklung im Most zu bemerken. In der Flasche fanden sich 80 Gr. einer Flüssigkeit vor, die den unveränderten Geruch des frischen Traubensafts besass und keine Spur von Hefezellen oder sonstigen Organismen zeigte. Das Destillat von 70 Gr. des Mostes zeigte sich gänzlich frei von Alkohol und gab mit Jod und Kalilösung keine Jodoformkrystalle.

Die übrigen 10 Gr. des Mostes bei Seite gestellt, gingen bald in gewöhnliche alkoholische Gährung über unter reichlicher Hefebildung.

Versuch 2 (28. März 1873)

wurde in ähnlicher Weise, aber mit einigen Abänderungen angestellt. Der Apparat bestand nur aus:

- 1) einem Kohlensäureapparat,
- 2) einem damit verbundenen Stehcylinder, der 128 Gr. spanische Weintrauben enthielt und durch einen dreifach durchbohrten Kautschuckpfropf geschlossen war. Zwei Bohrungen dienten der Zu- und Ableitung der Kohlensäure; durch die mittlere Bohrung ging ein Messingstab mit angeschraubter Platte, der nach Austreibung der Luft herabgedrückt wurde, um die Beeren, wenn auch nicht vollständig auszupressen, doch soweit zu spalten, dass ein Theil des Saftes her-

ausquoll und die Beeren bedeckte. Das Ableitungsrohr mündete in ein Fläschchen mit Quecksilber. Nachdem die Beeren zerdrückt waren, wurde der Gasentwicklungsapparat entfernt und der Stehcylinder mit sammt der Quecksilbervorlage in ein mit Oel gefülltes Glasgefäss versenkt, um jedes Eindringen von Luft unmöglich zu machen. Trotz der mässigen Temperatur von 15° C. während der ersten Tage des Versuchs sah man beträchtliche Gasentwicklung auftreten, die aber nur ungefähr 3 Tage anhielt. Trotzdem man am 13 Tage das Versuchsobject in einen Raum von 23° mittlerer Temperatur brachte, trat weitere Gasentwicklung nicht mehr auf. Nach 34 Tagen wurde der Versuch beendet.

Die gespaltenen Beeren waren nicht mehr durchscheinend, wie bei Beginn des Versuchs, sondern durch ihre ganze Masse hindurch, wie durch Gerinnung, getrübt. Der ausgetretene Saft war klar, nur am Boden flockiger Niederschlag.

Die mikroskopische Untersuchung, die Hr. Prof. Ferdinand Cohn die Güte hatte, zu übernehmen, ergab:

1) In dem klaren Saft fand sich von Hefe und Bakterien keine Spur.

2) Der Niederschlag, der sich aus dem Saft abgesetzt hatte, zeigte isolirte Zellen und Zellgruppen mit coagulirtem feinkörnigem Protoplasma, daneben ausgelaufenes geronnenes Protoplasma, Krystallnadeln, Zellkerne, Vacuolen, dann auch grössere Krystalle, Säulen und Concremente, aber keine Hefe, keine Bakterien.

3) Die zerquetschten Beeren selbst enthielten eine trübe schleimige Masse, die aus mehr oder weniger coagulirtem undurchsichtig gewordenem Inhalt bestand.

In einzelnen Zellen Bündel von Krystallnadeln, aber auch hier keine Hefe oder sonstige mikroskopische Organismen.

Die chemische Untersuchung der Masse, die stark weinig roch, ergab, dass sich nur 0.5 Gr. absoluter Alkohol gebildet hatte und der grösste Theil des Traubenzuckers unzersetzt geblieben war. Die geringe Menge Alkohol hatte sich sonach ohne Mitwirkung von Hefe in den unverletzt gebliebenen Parenchymstücken der gespaltenen Weinbeeren gebildet. Ein Theil der Masse, nach beendigtem Versuch zerrieben und durch Leinwand filtrirt, in einem bedeckten Gefäss sich selbst überlassen, ging in wenigen Tagen unter starker Trübung in gewöhnliche, von reichlicher Hefebildung begleitete Weingährung über.

Aus diesen Versuchen ergibt sich als wesentliches Resultat, dass: in Weintraubensaft, dem für die Entwicklung der Hefe günstigsten Medium, bei Ausschluss des Sauerstoffgases Hefekeime nicht zur Entwicklung gelangen.

Hiernach schien die Theorie Pasteur's widerlegt. Da jedoch

entwickelte Hefe sich anders verhalten konnte, als Hefekeime, wurden weitere Versuche mit Bierhefe unternommen.

Als Nährflüssigkeit diente die von Pasteur angewandte Zusammensetzung: Zu 100 Gr. gelöstem Kandiszucker wurde eine filtrirte Abkochung von 40 Gr. frischer Hefe in 200 CC. Wasser (enthaltend 1.7 Gr. feste Bestandtheile) hinzugefügt und das Ganze auf 1 Liter verdünnt. 5 CC. dieser Lösung im Gewicht von 5.117 Gr. gaben, bei 100° getrocknet, 0.512 Gr. festen Rückstand.

Versuch 3. 1. Juli 1873.

200 CC. der Nährlösung im Gewicht von 205 Gr. (enthaltend 20.43 Gr. feste Bestandtheile, wovon 20 Gr. Zucker) wurden mit 7 Mgr. Hefe in einer Flasche von 600 CC. Rauminhalt, die mit einem, Quecksilber als Sperrflüssigkeit enthaltenden Fläschchen verbunden war, in ein Gefäß mit Oel versenkt, nachdem vor dem Zusetzen der Hefe die Nährlösung zur Austreibung der Luft 20 Minuten gekocht und vor- und nachher durch einen anhaltenden Strom Kohlensäure alle Luft aus der Flasche entfernt worden war.

Die von der geringen Hefemenge anfangs nur äusserst wenig getrübt Flüssigkeit war am dritten Tage sehr trübe geworden, während sich gleichzeitig ein erheblicher Bodensatz gebildet und deutliche Gährung eingestellt hatte. Als am 26. November der Versuch beendet wurde, schmeckte die nunmehr ganz klare Flüssigkeit noch stark süß und färbte Lakmus dauernd roth. Es hatte sich eine beträchtliche Menge Hefe abgesetzt, die völlig abgestorben war, da trotz der Anwesenheit von unzersetztem Zucker auch nach längerem Stehen an der Luft keine Gasentwicklung bemerkt werden konnte. Die Bestimmung des Rückstandes zeigte, dass von den 20 Gr. Zucker 7.83 Gr. zu flüchtigen Produkten vergohren waren.

Die Hefe 3mal mit kaltem Wasser gewaschen (wobei sie jedenfalls auch von ihren eigenen Bestandtheilen verlor) wog bei 100° getrocknet 0.103 Gr. ¹⁾

Da nach mehrfachen Bestimmungen 100 Theile frisch ausgepresste Hefe bei 100° getrocknet einen Rückstand von 23.1 Theilen geben, so entspricht obiger Trockenrückstand 0.446 Gr. frisch gepresster Hefe; es hatte bei Ausschluss der Luft sonach eine 64fache Vermehrung der Aussaat stattgefunden ²⁾. Vor dem Trocknen mikroskopisch unter-

¹⁾ Um die Ueberzeugung zu gewinnen, dass der Zucker vollständig weggewaschen war, wurde die getrocknete Hefe mit einer grösseren Wassermenge zweimal je $\frac{1}{2}$ Stunde stehen gelassen. Wieder getrocknet, wog sie noch 0.097 Gr., hatte also nur unbedeutend an Gewicht verloren.

²⁾ Bei quantitativer Bestimmung der Hefe wurde nur das berücksichtigt, was sich als unlöslich ausgeschieden hatte, nicht (wie von Pasteur geschehen ist) auch diejenigen Bestandtheile der Hefe, die im Laufe der Gährung in Lösung übergegangen waren.

sucht, zeigte sie neben wenigen grossen Zellen (wahrscheinlich der ursprünglichen Aussaat) eine grosse Menge sehr kleiner Zellen — wohl eine charakteristische Form der bei Sauerstoffausschluss gebildeten Hefë.

Dieser Versuch ist noch mehrere Male und mit demselben Erfolg wiederholt worden. Zwar wurden quantitative Bestimmungen nicht mehr gemacht, aber der Umstand, dass die im Beginn des Versuchs fast klare Flüssigkeit sich meist schon am dritten Tage beträchtlich trübte und reichlichen Bodensatz ablagerte, konnte es nicht zweifelhaft lassen, dass eine relativ beträchtliche Vermehrung der Hefe stattgefunden hatte.

Versuch 4. (1 Tag später, als der vorige begonnen) mit 300 CC. derselben Zuckerlösung und 0.008 Gr. Hefe. Die Flasche mit der Lösung wurde nicht in Oel versenkt, sondern mit einem mehrere Zolle in Quecksilber tauchenden Ableitungsrohr versehen, frei an der Luft stehen gelassen. Es konnte hierbei eine geringe Gas-Diffusion durch den Kautschuckpfropfen, der das Gefäss verschloss, stattfinden ¹⁾. In der That ergab sich, als man den Versuch nach 5 Monaten beendete, eine stärkere Zersetzung des Zuckers und eine bedeutendere Vermehrung der Hefe, wie in dem vorigen Versuch. Von 30 Gr. Zucker waren 14.16 Gr. zu flüchtigen Produkten vergohren, während die nunmehr vollkommen abgestorbene Hefe (die, gewaschen, einen Trockenrückstand von 0.151 Gr. ergab, entsprechend 0.653 Gr. gepresster feuchter Hefe) sich um mehr als das 80fache vermehrt hatte.

Versuch 5. wurde an demselben Tage, wie Versuch 3. begonnen mit 300 CC. der nämlichen Zuckerlösung und 0.007 Gr. Hefe. Der Sauerstoff war hier nicht ausgeschlossen, indem die Flasche, nur zur Hälfte gefüllt, durch ein offenes Rohr mit der Luft communicirte; nach 5 Monaten roch die Flüssigkeit stark nach Essigsäure und enthielt nur noch 2.35 Gr. feste gelöste Bestandtheile. Es waren demnach 28 Gr. Zucker zu flüchtigen Produkten vergohren, während der Hefeabsatz (der allerdings auch Essighefe enthielt) einen Trockenrückstand von 0.297 Gr. ergab, entsprechend 1.29 gepresster Hefe. Es hatte sonach eine 184fache Vermehrung der Aussaat stattgefunden.

Aus Versuch 3 ergab sich das unerwartete Resultat, dass aus-

¹⁾ Dass eine solche Diffusion stattfindet, lehrt folgende Beobachtung: Man liess in zwei Kolben, die mit Kautschuckpfropfen und tief in Quecksilber tauchenden Ableitungsrohren versehen waren, Zucker mit Hefe gähren. Nach 5 Minuten hatte der starke Gasdruck im Innern einem beträchtlichen Minderdruck Platz gemacht, und das Quecksilber im Ableitungsrohr war in dem einen Falle um $5\frac{1}{2}$, im andern um 10 Zoll nach innen gestiegen.

gebildete Hefe sich (in Uebereinstimmung mit der Angabe Pasteur's) auch bei Ausschluss des Sauerstoffs vermehren könne.

Andererseits zeigen Versuch 4 u. 5, dass Zutritt von freiem Sauerstoff die Entwicklung der Hefe wesentlich begünstigt. Während bei Ausschluss der Luft eine 64fache Vermehrung eingetreten war, hatte sich im Versuch 4, wo eine geringe Diffusion durch den Kautschuckpfropf stattgefunden hatte, die Hefe auf das 80fache, in Versuch 5 aber, wo der Zutritt der Luft nicht gehindert war, auf das 184fache vermehrt.

Der Vermehrung der Hefe entsprechend, hatten sich in Versuch 3 nur 7.83 Gr., in Versuch 4. 14.16 Gr., in Versuch 5. 28 Gr. Zucker zersetzt. Man könnte gegen Versuch 3 (namentlich in Folge der Brefeld'schen Abhandlung) den Einwand erheben, dass die aus Marmor entwickelte Kohlensäure freien Sauerstoff enthalten habe und dass dieser die Ursache der Vermehrung der Hefe gewesen sei.

Es wäre dann aber nicht einzusehen, warum sich in den Versuchen 1 und 2 mit Weintraubensaft, die mit Kohlensäure von der nämlichen Bereitungsweise angestellt worden waren, keine Hefe entwickelt hatte.

Aus den Versuchen Gay-Lussac's geht hervor, dass im Weintraubenmost Gährung (d. h. Hefe) auftritt, sobald auch nur die geringsten Mengen Sauerstoff zugeführt werden.

Gesetzten Falls aber auch, die Kohlensäure aus Marmor enthielte $\frac{1}{15}$ Volum Sauerstoff, wie Brefeld angiebt, dann hätten in Versuch 3 in der Flasche von 600 CC. Rauminhalt neben 200 CC. Zuckerlösung noch 400 CC. Kohlensäure Platz gehabt mit einem Gehalt von $\frac{1}{15}$ CC. = $\frac{1}{15}$ Mgr. Sauerstoff. Es ist schwer anzunehmen, dass eine so geringfügige Menge die Ausscheidung von 446 Mgr. Hefe sollte veranlasst haben.

Indess — der Versuch hatte 5 Monate gedauert, und die Möglichkeit war nicht völlig ausgeschlossen, dass eine Diffusion von atmosphärischem Sauerstoff durch das Oel hindurch, in welches die Flasche versenkt war, stattgefunden hatte.

Es wurde demnach, um ein sauerstoffreies Medium für die Hefe herzustellen, ein Verfahren eingeschlagen, das, eine wesentliche Verbesserung des Pasteur'schen darstellend, zu ganz entscheidenden Ergebnissen führen musste ¹⁾.

Pasteur hatte seine Versuche in folgender Weise angestellt: Er brachte in einen Glaskolben von ungefähr $\frac{1}{4}$ Liter Inhalt 100 CC. Zuckerwasser, gemengt mit eiweissartigen Substanzen, zog dann den

¹⁾ Comptes rendus 1861, Bd. 52, S. 1260. Diese Versuche scheinen Brefeld ganz entgangen zu sein.

Hals des Kolbens vor der Lampe zu einer feinen offenen Spitze aus, die unter Quecksilber tauchte, während die Flüssigkeit im Ballon zur Anstreibung der Luft gekocht wurde. Beim Erkalten trat das Quecksilber in den Kolben. Nachdem hierauf das ausgezogene Ende unter Quecksilber abgebrochen worden war, wurde eine kleine Menge Hefe eingeführt. Es stellte sich bald Vermehrung derselben und Gärung ein, die aber aufhörte, lange bevor der ganze Zucker zersetzt war. Auf 1 Theil der eingeführten Hefe wurden 60.80 bis 100 Theile Zucker zersetzt.

Gegen diese Versuche kann man aber den Einwand erheben, dass durch blosses Kochen der Sauerstoff möglicherweise nicht vollkommen aus einer Flüssigkeit entfernt werden kann, wie denn in der That meines Wissens directe Versuche darüber noch nicht angestellt sind. Man weiss nur, dass die letzten Antheile Luft dem kochenden Wasser mit grosser Hartnäckigkeit anhaften und dass die völlige Ausstreibung schon deshalb sehr schwierig wird, weil das Stossen der kochenden Flüssigkeit mit der Abnahme des Luftgehalts ungemein heftig wird.

Ich suchte deshalb den freien Sauerstoff in der Zuckerlösung in sicherster Weise auf chemischem Wege durch Zufügung einer leicht oxydablen, der Hefewirkung selbst nicht nachtheiligen Substanz zu beseitigen. Invertzucker reducirt Indigschwefelsäure in auch nur schwach alkalischer Lösung bei Erwärmung zu einem farblosen Körper, der an der Luft sich von Neuem bläut. Ist der Zutritt der Luft ausgeschlossen, so bleibt die Lösung farblos. Es ist klar, dass eine in solcher Weise reducirte Lösung ein ungemein feines Reagens auf freien Sauerstoff darstellt, und dass sie so lange nichts von diesem Gase enthalten kann, so lange sie nicht zuvor ihre blaue Farbe wieder erlangt hat.

Eine solche Flüssigkeit wurde dargestellt, indem man zu 100 CC. 10-procentiger Invertzuckerlösung Indigschwefelsäure bis zur starken Blaufärbung und 8 Mgr. Soda zufügte. Durch Kochen, auch schon durch Erwärmung bis zu 80° C. wird der Farbstoff reducirt. Es geschieht dies sogar schon bei gewöhnlicher Temperatur (in einem Röhrchen über Quecksilber), dann aber äusserst langsam, erst nach einigen Tagen.

Bringt man eine solche farblos gewordene Lösung in lufthaltiges in einer Röhre über Quecksilber stehendes Wasser, so wird sie sofort gebläut.

Man überzeugte sich überdem, dass weder die Indigblauschwefelsäure noch geringe Sodamengen die Wirkung der Hefe beeinträchtigen¹⁾.

¹⁾ Mit einer solchen Lösung lässt sich nachweisen, dass auch Oel Sauerstoff aus der Luft aufnimmt. Erhitzt man sie unter einer Oeldecke von 8^{mm} Höhe, so wird sie durch Reduction bald farblos, aber bei gewöhnlicher Temperatur schon nach einer halben Stunde wieder blau. Selbst unter einer Oelschicht von 80^{mm}

Es wurde nun in folgender Weise verfahren:

Versuch 6.

100 CC. einer lösliche Eiweissstoffe (Hefeabsud) haltenden 10procentigen Invertzuckerlösung wurden in einem Kolben nach der oben mitgetheilten Vorschrift Pasteur's durch Kochen von Luft befreit. Nachdem die Spitze unter Quecksilber abgebrochen war, wurden ca. 100 CC. jener kochendheissen, Indigschwefelsäure haltenden Zuckerlösung in den Kolben eingeführt. Es trat keine Bläuung ein; die Lösung im Kolben blieb schwach gelb gefärbt, wie vorher — ein Beweis, dass die schon vorher im Kolben befindlichen 100 CC. Zuckerlösung durch das Auskochen gänzlich von Luft befreit worden waren. Nach vollständigem Erkalten wurden 2 Mgr. Hefe eingeführt, die sich als begrenzter Fleck auf der Quecksilberfläche ablagerte. Erst 4 Tage nachher, bei einer Zimmertemperatur von 10—15° C., war eine deutliche Trübung der Lösung wahrzunehmen — jenes untrügliche Kennzeichen der Vermehrung mikroskopischer Organismen für alle mit Gährungsversuchen Beschäftigten — die in den nächsten Tagen noch beträchtlich zunahm. 13 Tage nach Einführung der Hefe war die Flüssigkeit wieder klar geworden, indem sich ein ansehnlicher Hefeniederschlag auf dem Quecksilber abgelagert hatte, dessen Oberfläche dadurch ganz blind geworden war. Die Gährung und mit ihr die Entwicklung der Kohlensäure war nunmehr beendet. Es war nur ein sehr kleiner Theil des Zuckers, ca. 600 Mgr., durch die Gährung zersetzt worden, mithin die 300fache Menge der ursprünglich zugesetzten Hefe.

Die mikroskopische Untersuchung ergab neben wenigen grossen Zellen der Hefeaussaat zahlreiche, viel kleinere Zellen der Abschluss der Luft gebildeten Nachkommenschaft.

Versuch 7.

wurde mit folgender Abänderung angestellt: Es wurden in einem Glaskolben, dessen Ende zu einer offenen Spitze ausgezogen war, 25 CC. reines Wasser zur Austreibung der Luft gekocht und, nachdem beim Erkalten das Quecksilber eingedrungen war, die Spitze abgeschlagen. Man führte alsdann kochendheiss 90 CC. jener Indigschwefelsäure enthaltenden Invertzuckerlösung ein, der in diesem Falle auch Hefeabsud beigemischt war¹⁾.

Dicke tritt nach einer allerdings längeren Zeit wieder Bläuung ein. Ueber Quecksilber bleibt die Lösung farblos.

¹⁾ Ein noch einfacheres Verfahren zur Herstellung einer durchaus sauerstoffgasfreien Culturlösung für Hefe ist folgendes: 100 CC. der alkalischen Indigschwefelsäure und Hefeabsud enthaltenden Invertzuckerlösung wurden in einem Glaskolben (von 300 CC. Rauminhalt) bis zur Reduction des Farbstoffs gekocht, hierauf der Kolben rasch mit Quecksilber gefüllt und (entweder sofort oder nach vorherigem Erwärmen auf 80° C.) über Quecksilber gestürzt. Versuche, nach dieser Methode angestellt, ergaben dieselben Resultate wie Versuche 6 und 7.

Nach dem Erkalten wurden 2.5 Mgr. Hefe eingeführt.

Trotzdem die Lösung, wie ihre hellgelbe Farbe erwies, keine Spur von Sauerstoff enthalten konnte, trübte sie sich am dritten Tage dennoch, und es trat reichliche Vermehrung der Hefe ein unter so beträchtlicher Gährung¹⁾, dass am fünfzehnten Tage bereits 300 CC. Kohlensäure (entsprechend ca. 1.2 Grm. Zucker) gebildet waren, und die Flüssigkeit aus dem Kolben herausgedrängt wurde²⁾.

Gegen die Beweiskraft der Versuche mit Indigschwefelsäure könnte man indess noch folgenden Einwand erheben;

Schützenberger fand, dass bei der Reduction von ammoniakalischem Kupferoxyd durch hydroschweflige Säure bei gewöhnlicher Temperatur³⁾ Wasserstoffhyperoxyd gebildet wird. Da dieser Körper bei Berührung mit Hefe in Wasser und Sauerstoff zerfällt, so war damit möglicherweise eine neue störende Sauerstoffquelle in obigen Versuchen gegeben. Zwar wäre dieser Sauerstoff durch die reducirte Indigschwefelsäure sofort wieder in Beschlag genommen worden, und es hätte nach Einführung von Hefe eine Bläuung eintreten müssen, was nicht der Fall war; um jedoch ganz sicher zu gehen, verschaffte ich mir Ueberzeugung durch folgende Versuche:

1) Wird eine durch Soda schwach alkalische, mit Indiglösung gebläute Invertzuckerlösung unter Luftausschluss durch Erwärmung auf 80° C. farblos, so tritt auf Zusatz von mit Schwefelsäure angesäuertem Eisenvitriol wohl Bläuung (durch die in dem Reagens aufgelöste Luft) aber keine Zerstörung des Farbestoffes ein. Durch Reduction der Indigschwefelsäure in der Wärme wird demnach kein Wasserstoffhyperoxyd gebildet.

2) Schüttelt man die durch Erwärmung reducirte Lösung während des Erkaltes mit Luft, so wird durch angesäuerten Eisenvitriol die blaue Farbe gänzlich zerstört. Durch Oxydation der reducirten Lösung an der Luft wird demnach Wasserstoffhyperoxyd erzeugt.

3) Erhitzt man die durch Schütteln mit Luft wasserstoffhyperoxydhaltig gewordene Lösung wieder auf 80° C., so wird das Hyperoxyd zerstört.

Durch Erhitzen der Lösung auf 80° C. wird demnach die Bil-

1) Viel intensiver war natürlich die Vermehrung der Hefe und die Gährung in einem gleichzeitigen Parallelversuch mit gleicher Lösung, in dem die Luft nicht ausgeschlossen war. Hier hatten sich nach Zusatz von nur 1.5 Mgr. Hefe am elften Tage bereits mehr als 1200 CC. Hefe entwickelt.

2) Warum in meinen Versuchen durch eine bestimmte Menge Hefe-Aussaat bei Ausschluss der Luft viel mehr Zucker zersetzt wurde, als in den Pasteur'schen, habe ich noch nicht ermittelt. Es ist wahrscheinlich, dass Invertzucker leichter zersetzt wird, als der von Pasteur angewandte Candiszucker, und dass auch die Menge der beigegeführten Eiweissubstanzen von Einfluss ist.

3) Comptes rendus Bd. 76, S. 1214.

dung von Wasserstoffhyperoxyd unter allen Umständen vermieden. Sie konnte auch in Versuch 6 und 7 nicht Statt finden, da die reducirte Indiglösung kochend heiss in den Kolben eingeführt wurde.

Meine Versuche bestätigen sonach in unanfechtbarer Weise die Behauptung Pasteur's, dass eine Vermehrung der Hefe auch in Medien Statt findet, die keine Spur von freiem Sauerstoff enthalten.

Ist aber dadurch auch Pasteur's Theorie erwiesen? Keineswegs. Der Verlauf des Experiments beweist im Gegentheil ihre Unhaltbarkeit. Bei Ausschluss der Luft erreicht die Gährung ihr Ende, nachdem erst der kleinste Theil des in der Lösung enthaltenen Zuckers zersetzt ist, während bei Zutritt der Luft, wie mehrfache Parallelversuche ergaben, die Gährung in der nämlichen eiweisshaltigen Zuckerlösung bis zum Verschwinden des Zuckers fortgeht, wenn keine Essiggährung dazwischen tritt.

Wenn, wie Pasteur meint, die Hefe im Stande wäre, den zu ihrem Wachsthum nöthigen Sauerstoff aus dem Zucker zu entnehmen, woher kommt es dann, dass sie bei Ausschluss der Luft aufhört zu wachsen, wenn noch der grösste Theil des Zuckers unzersetzt ist?

Es lag die Vermuthung nahe, dass die Hefe bei Ausschluss des Sauerstoffs sich nicht auf Kosten des Zuckers, sondern der Eiweissstoffe des beigemengten Hefeabsuds ernährt und dass in reinen Zuckerlösungen bei Abschluss der Luft keine Vermehrung der Hefe, wohl aber noch Gährung stattfinden würde.

Versuch 8.

Es wurden 100 CC. 10 pCt. reiner Invertzuckerlösung (ohne Hefeabsud) unter Zusatz von Indigschwefelsäure und etwas Soda in einem 300 CC. grossen Kolben zum Kochen erhitzt, der dann rasch mit Quecksilber gefüllt und in die Quecksilberwanne gebracht wurde. Nach dem Erkalten liess man 4 Mgr. Hefe eintreten. Auch nach 5 Tagen war weder Trübung der Lösung eingetreten, noch Kohlensäure in Gasform entwickelt, da die geringe Menge dieses Gases in der Flüssigkeit gelöst blieb. Es wurden dann noch 41 Mgr. Hefe eingeführt, worauf schon nach 2 Tagen einige CC. freier Kohlensäure auftraten, die sich in weiteren 6 Tagen so vermehrte, dass die fortwährend klar bleibende Lösung zuletzt aus dem Kolben herausgetrieben wurde. Es war demnach durch 0.045 Gr. Hefe das 27fache Gewicht Zucker (ungefähr 1.2 Gr.) zersetzt worden, ohne dass ihre Wirkung vollständig erschöpft war. Eine Vermehrung der Hefe hatte bei Abwesenheit von freiem Sauerstoff und löslicher Eiweisskörper nicht stattgefunden; weder hatte sich das Hefenhäufchen auf der Quecksilberfläche vergrössert, noch hatte sich die Lösung getrübt. Unter dem Mikroskop bot die Hefe das Aussehen der ursprünglichen

Aussaat grosszelliger gewöhnlicher Bierhefe mit äusserst spärlicher Beimengung kleinerer Zellen dar. Alle diese Thatsachen beweisen, dass die Hefe, auch wenn sie sich nicht vermehrt, Gährung bewirkt und dass beide Prozesse in keinem ursächlichen Zusammenhang zu einander stehen.

Andere bereits bekannte Thatsachen stimmen mit diesem Ergebniss vollkommen überein.

Niemand wird annehmen wollen, dass reife Weintrauben auch bei Ausschluss der Luft wachsen. Aber gerade dann erzeugen sie, ohne dass hierbei Hefe auftritt, Alkohol, während sie bei Zutritt der Luft — also unter Umständen, die dem Wachsthum jedenfalls günstiger sind — das nicht vermögen.

So lange *Mycoderma vini* oder *penicillium glaucum* auf der Oberfläche einer zuckerhaltigen Flüssigkeit bei ungehindertem Zutritt der Luft wachsen, erzeugen sie keinen Alkohol; sie thun dies erst dann, wenn sie, untergetaucht, dem Zutritt der Luft entzogen werden und in ihrem Wachsthum gehemmt sind ¹⁾).

Die Hefe selbst verhält sich ähnlich. Wird ihr bei etwas erhöhter Temperatur reichlich Sauerstoff zugeführt, so vermehrt sie sich in passender Nährflüssigkeit ungemein rasch, indem der Zucker nur zum Theil alkoholisirt, zum andern Theil verbrannt, oder zu Cellulose umgewandelt wird.

In den Presshefefabriken wird, wie mir Herr Professor Ferdinand Cohn und Hr. Dr. Winkler in Giessmannsdorf mittheilten, mit Hefe angesetzte Meische in erwärmten Räumen, in weiten, nur 27 Zoll hohen Bottichen der Berührung mit Luft ausgesetzt. Der mit der enormen Hefevermehrung verbundene Oxydationsprozess ist ein so intensiver, dass die Temperatur der Meische die der Umgebung um mehrere Grade übersteigt. Es wird hier aus dem Getreide bedeutend weniger Alkohol gewonnen, als bei der gewöhnlichen Gährung unter beschränktem Zutritt der Luft.

Pasteur erklärt diese Erscheinungen, indem er annimmt, dass die Alkoholbildung erst dann auftritt, wenn die pflanzlichen Organismen genöthigt sind, bei Entziehung des freien Sauerstoffs, dieses zu ihrem Leben nöthige Element aus dem Zucker selbst zu entnehmen und ihn zu zersetzen, geräth aber dadurch in offenbaren Widerspruch mit seiner ursprünglichen Theorie, der zufolge die Gährung an die Entwicklung und Vermehrung der Zellen geknüpft sein soll; denn die Vermehrung der Zellen, das Pflanzenwachsthum, wird, wie alle Beobachtungen übereinstimmend (auch bezüglich der Hefe) lehren, nicht durch Abhaltung der Luft, sondern durch Zuführung derselben wesentlich gefördert.

¹⁾ Pasteur, C. 1872. S. 784.

Man entgeht allen diesen Widersprüchen, wenn man die alkoholische Gährung als einen chemischen Process ansieht, bewirkt durch eine in der Hefe (und in allen süßen Früchten¹⁾ enthaltene chemische Verbindung -- ein Ferment, dem, wie vielen andern sogenannten katalytischen Körpern, die Fähigkeit zukommt, Zersetzungen hervorzurufen. Vom Wachsthumprocess ist die Gährung abhängig nur insofern, als hierbei eine entsprechend grössere Menge des wirksamen Ferments erzeugt wird²⁾.

In welcher Weise das in der Hefe enthaltene Ferment die Spaltung des Zuckers bewirkt, habe ich in meiner Abhandlung (Theorie der Fermentwirkungen) auseinandergesetzt. Ich habe dort an mehreren Beispielen gezeigt, dass so, wie es Körper giebt, die, wie Platin, Stickoxyd, (in der Schwefelsäurefabrikation) Indigschwefelsäure u. s. w., freien Sauerstoff auf andere Körper übertragen und deren Oxydation bewirken (Sauerstoffüberträger, Oxydationsfermente), -- es auch solche Körper giebt, die bereits vorher gebundenen Sauerstoff zu übertragen d. h. auf der eine Seite Reduction, auf der andern Oxydation zu bewirken, im Stande sind.

Denken wir uns das Molekül des Zuckers aus 2 Atomgruppen zusammengesetzt, einer reducibaren *A* und einer oxydablen *B*, so wird seine Spaltung durch das Hefeferment in der Weise bewirkt, dass es der Atomgruppe *A* Sauerstoff entzieht (das desoxydirte Produkt ist Alkohol), um ihn auf die Atomgruppe *B* zu übertragen, die dadurch zu Kohlensäure verbrannt wird.

Da der Sauerstoffüberträger während dieses Vorgangs nicht gesättigt und durch Abgabe des aufgenommenen Sauerstoffs immer auch wieder zu neuer Reduktion befähigt wird, so erklärt es sich, dass eine kleine Menge Ferment eine sehr grosse Menge Zucker zu spalten vermag.

¹⁾ Vielleicht in allen Pflanzenzellen.

²⁾ Durch diese Annahme erklärt sich die Rolle des Sauerstoffs bei der Gährung in einfachster Weise:

- a) Zutritt von Sauerstoff bewirkt in eiweisshaltigen Zuckerlösungen nur deshalb eine Beschleunigung der Gährung, weil er das Wachsthum der Hefe und damit eine vermehrte Production des Ferments herbeiführt. Ist eine genügende Menge Hefe und damit zugleich soviel Ferment erzeugt, als zur Zersetzung der gegebenen Zuckermenge genügt, so ist weitere Zufuhr von Sauerstoff überflüssig, da die Gährung selbst zu ihrem Ablauf dieses Gases nicht bedarf.
- b) Jede weitere Zufuhr von Sauerstoff dient nur dazu, die Hefeproduction zu vermehren und die Ausbeute an Alkohol herabzusetzen, insofern der Zucker theils verbrannt, theils zur Cellulose der Hefezellen verbraucht wird.
- c) In reinen Zuckerlösungen ist die Zufuhr von Sauerstoff überflüssig, da er bei Abwesenheit der Nährstoffe eine Neubildung der Hefe nicht oder nur in sehr geringem Masse (d. h. nur auf Kosten der alten Hefe) bewirken kann.

Gegen die chemische Auffassung der Gährung könnte indess noch ein gewichtiger Einwand erhoben werden.

Bekanntlich hat Ludersdorff bereits 1846 ¹⁾ die Frage, ob Gährung ein chemischer oder ein von Lebenskräften abhängiger physiologischer Process sei, dadurch zu lösen gesucht, dass er Hefe zerrieb und, da sie alsdann ihre alkoholisirende Kraft eingebüsst hatte, die Frage in letzterem Sinne entschieden geglaubt. Schmidt machte gegen die Beweiskraft des Versuchs mit Recht geltend, dass die Hefe während der eine Stunde dauernden Operation des Zerreibens durch den Sauerstoff der Luft chemisch verändert worden sei.

In neuerer Zeit hat man organisirte Objecte kennen gelernt, die sich zu Versuchen nach dem Principe Ludersdorff's weit besser eignen als Hefe, insofern ihre Zertrümmerung mit Leichtigkeit auch bei Ausschluss der Luft bewirkt werden kann.

Wie Lechartier und Bellamy, späterhin Pasteur gefunden haben ²⁾, erzeugen unversehrte Weintrauben in sauerstofffreier Atmosphäre aus dem in ihnen enthaltenen Zucker reichlich Alkohol, ohne dass hierbei Hefe auftritt. Mein Versuch 2 mit gespaltenen Beeren beweist sogar, dass nicht allein die unverletzten Früchte, sondern auch Theile derselben und wohl überhaupt jede ihrer unverletzten Zellen bei Ausschluss der Luft Alkohol erzeugen können.

Mein Versuch 1 aber lehrt (wie auch schon das bekannte Gay-Lussac'sche Experiment), dass ausgepresster, zellenfreier Traubensaft unter den nämlichen Bedingungen (in sauerstofffreier Kohlensäure) keine Gährung erleidet. Durch blosses Heraustreten aus den Zellen verliert demnach der Weintraubensaft die Fähigkeit, aus seinem Zucker Alkohol zu erzeugen.

Ein ähnliches, noch schlagenderes Verhalten zeigt Apfelsinensaft, der sogar, wenn er längere Zeit in Beruhung mit der Luft war, nachher bei Ausschluss derselben nicht in Gährung geräth, wie nachstehender Versuch lehrt.

Versuch 9. 30. Mai 1873.

a) eine unversehrte Apfelsine (*citrus aurantium sinensis*) wurde in eine mit Quecksilber gefüllte Glocke gebracht;

b) in eine mit Quecksilber gefüllte Glasröhre liess man 50 CC. Apfelsinensaft aufsteigen, der während des Auspressens mit der Luft reichlich in Beruhung gekommen war;

c) in eine mit Quecksilber gefüllte Glocke liess man die von einander getrennten Fächer einer abgeschaltten Apfelsine aufsteigen.

¹⁾ Poggendorff's Ann. Bd. 67, S. 408.

²⁾ Der erste Entdecker der Gährung unverletzter süsser Obst- und Beerenfrüchte ist eigentlich Doebereiner gewesen. (Schweigger's Journal f. Chem. u. Physik. 1828. Bd. 54. S. 420.)

Schon nach wenigen Tagen hatten sich in a und c erhebliche Mengen Kohlensäure ausgeschieden, während der ausgepresste Saft in b auch nach 68 Tagen keine Spur dieses Gases entwickelt hatte.

Dem entsprechend konnte auch in a und c, aber nicht in b Alkohol nachgewiesen werden ¹⁾).

In allen den angeführten Thatsachen könnte man den schlagenden Beweis finden wollen, dass Alkoholgährung ohne Mitwirkung von Zellen unmöglich, dass sie, wenn auch nicht, wie Pasteur meint, an den Wachsthumprocess gebunden, doch jedenfalls nicht ein rein chemischer, sondern ein von irgend einer Lebensthätigkeit der Zellen abhängiger vitaler Vorgang sei.

Aber auch diese Folgerung wäre voreilig.

Denn das Auspressen der Säfte ist nicht ein bloß mechanischer, sondern gleichzeitig auch ein chemischer Eingriff in die Substanz der Früchte.

In der Zelle, wo die einzelnen Stoffe in bestimmter Weise neben einander gelagert sind, ist ihre wechselseitige Einwirkung eine andere als im Saft, wo sie durcheinander gemischt sind.

Vor allem ist es das Protoplasma, das eine sichtbare Veränderung erleidet, da es in den Zellen einen durchsichtigen Schleim, im ausgepressten Saft aber ein flockiges Gerinnsel darstellt (s. Vers. 1.) und mit diesem Prozess der Gerinnung scheint es auch eine chemische Veränderung erlitten zu haben, die mit dem Verlust seiner alkoholisirenden Kraft verknüpft ist.

In der That haben wir gesehen, dass die gespaltenen Trauben in Versuch 2. Kohlensäure nur in den ersten Tagen entwickelten und damit aufhörten, als ihr Parenchym trübe geworden, d. h. das Protoplasma geronnen war. Ganz unversehrte Trauben entwickelten unter denselben Umständen (in sauerstofffreier Atmosphäre) mit Beibehaltung der Durchsichtigkeit ihres Parenchyms noch nach Wochen Kohlensäure.

Nichts steht der Vermuthung entgegen, dass das Protoplasma der Pflanzenzellen ein chemisches, die alkoholische Gährung des Zuckers bewirkendes Ferment ist oder ein solches enthält, und dass seine Wirksamkeit nur deshalb an die Zelle geknüpft erscheint, weil bisher noch kein Mittel gefunden wurde, es unzersetzt aus der Zelle zu isoliren. Bei Zutritt der Luft oxydirt es den Zucker ²⁾ indem es freien

¹⁾ Ausgepresster Apfelsinensaft geht sogar bei fortdauernder Berührung mit Luft nicht in deutliche alkoholische Gährung über; es bildet sich wohl eine Schimmeldecke an der Oberfläche, aber keine Hefeschicht am Boden. Setzt man aber Bierhefe zu, so tritt regelmässige Gährung ein. Demnach giebt es Fruchtsäfte, die der alkoholischen Gährung durch Hefe fähig, aber kein geeignetes Medium für die in der Luft oder im Staube enthaltenen Hefekeime abgeben.

²⁾ Moritz Traube: „Ueber die Respiration der Pflanzen.“ Monatsbericht der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1859. S. 83.

Sauerstoff auf ihn überträgt, bei Ausschluss der Luft zersetzt es ihn, indem es Sauerstoff aus der einen Atomgruppe des Zuckermoleküls auf die andere überträgt, woraus einerseits ein Reductionsprodukt — Alkohol —, andererseits ein Oxydationsprodukt — Kohlensäure —, entsteht.

Die wesentlichsten Ergebnisse vorliegender Abhandlung sind folgende:

1. Hefekeime entwickeln sich ohne freien Sauerstoff selbst in dem ihrer Entwicklung günstigsten Medium, in Weintraubensaft, nicht. (Vers. 1 u. 2.)

2. Dagegen vermag sich entwickelte Hefe, wie Pasteur richtig behauptet, (die entgegengesetzte Behauptung Brefeld's ist unrichtig) auch ohne Anwesenheit jeder Spur von Sauerstoff in geeigneten Medien zu vermehren.

3. Die Behauptung Pasteur's, dass die Hefe bei Ausschluss der Luft den zu ihrer Vermehrung nöthigen Sauerstoff aus dem Zucker entnehmen könne, ist unrichtig, denn ihre Vermehrung hört auf, wenn auch der bei weitem grösste Theil des Zuckers noch unzersetzt ist. (Vers. 3. 4. 6.) Es sind die beigemengten Eiweisskörper, die die Hefe bei Ausschluss der Luft zu ihrer Vermehrung verwendet.

4. In reiner Zuckerlösung verursacht Hefe alkoholische Gärung auch bei Abwesenheit jeder Spur von Sauerstoff und ohne sich hierbei zu vermehren. Die Behauptung Pasteur's, die Gärung des Zuckers sei an den Process der Organisation der Hefe geknüpft, ist unrichtig.

5. Während Weintrauben bei Ausschluss der Luft Alkohol aus ihrem Zucker erzeugen, auch wenn sie stark verletzt sind (Vers. 2.), hat der ausgepresste Saft diese Eigenschaft nicht mehr (Vers. 1.).

6. Hieraus ist aber nicht mit Nothwendigkeit zu schliessen, dass die alkoholische Gärung ein vitaler, von der Lebensthätigkeit der Zellen abhängiger Process sein müsse.

Schliesslich sage ich wärmsten Dank meinem verehrten Freunde Herrn Professor Dr. Poleck, der mir die Benutzung des chemischen Laboratoriums des pharmaceutischen Instituts in zuvorkommendster Weise gestattete und sich an den ersten Experimenten über Traubenmost sogar persönlich betheiligte.

Breslau, 15. Juni 1874.