

## Ueber die Einwirkung von Sauerstoff auf die Lebensthätigkeiten niederer Organismen.

Von

F. H o p p e - S e y l e r.

Fäulniss- und andere Gährungsprozesse verlaufen in der Natur und bei Versuchen im Laboratorium gewöhnlich in der Weise, dass der Zutritt von Sauerstoff nicht ganz ausgeschlossen ist, aber doch nur unzureichend erfolgt. Es ist das in gährenden Zuckerlösungen ebenso der Fall wie in und an faulenden Cadavern und im Grundwasser bei der Fäulniss und Verwesung von Thier- und Pflanzenresten. Je höher die Temperatur zwischen 0° und 40° und je reichlicheres Material zur Gährung bei genügender Verdünnung gegeben ist, desto weniger tief dringt der Sauerstoff in die gährenden Massen ein. Man kann sich hiervon sehr leicht überzeugen durch Zusatz von etwas Blutfarbstoff zur gährenden Mischung, indem derselbe dann soweit venöse Farbe zeigt, als Sauerstoff nicht Zutritt. Ein Zusatz von etwas neutraler Indigearminlösung ist in manchen Fällen noch besser geeignet, die Grenze der Einwirkung des Sauerstoffs deutlich zur Anschauung zu bringen. Sowie das Blut in den Leichen von Wirbelthieren ohne Weiteres diese Grenze durch seine Färbung bezeichnet, giebt im Boden das schwarze Schwefeleisen den Nachweis, wie weit der Sauerstoff nicht zugegen ist.

Hat man nun schon complicirte Versuchsanordnungen nöthig, um den Sauerstoff der Luft bei Gährungen von vorn herein auszuschliessen, so ist es noch viel umständlicher, Gährungen in der Weise stattfinden zu lassen, dass jedes

Theilchen der gährenden Masse zu jeder Zeit Sauerstoff im Ueberschuss zugeführt erhält. Das fortdauernde Durchleiten eines Stromes von atm. Luft oder Sauerstoff durch gährende Mischungen hat den Nachtheil, dass nicht geringe Mengen flüchtiger Stoffe mit dem Gasstrom entfernt werden und verloren gehen können; auch schäumen die meisten derartigen Flüssigkeiten sehr stark und sind deshalb Verluste unvermeidlich.

In einer Reihe vorläufiger Versuche, die vor drei Jahren von mir ausgeführt und beschrieben sind<sup>1)</sup>, ist eine Anordnung von Apparaten benutzt, welche eine abgemessene Quantität gährender Flüssigkeit in liegender Flasche dadurch in fortdauernder Bewegung erhielt, dass die Flasche um ihre horizontale Axe abwechselnd hin- und zurückgedreht wurde und die Flüssigkeit über die Wandung derselben floss. Hierbei wird die mit der Luft darüber in Berührung stehende oberflächliche Schicht fortdauernd gewechselt. In der zweiten Abtheilung des Doppelflaschenapparates befindet sich eine gemessene Menge Kalilauge in der gleichen Bewegung und entzieht dem Luftraume die in der gährenden Flüssigkeit gebildete Kohlensäure. Mit dem im Uebrigen abgeschlossenen Luftraume in Verbindung, aber durch einen Glashahn abschliessbar, ist angefügt eine Gasbürette mit Sauerstoff gefüllt und durch Quecksilber gegen die Atmosphäre abgeschlossen. Diese Gasbürette, welche 500 ccm. Sauerstoff fasst, dient zugleich als Manometer. Entsprechend dem Sauerstoffverbrauch wird Quecksilber in den offenen Schenkel nachgegossen und wenn das Sauerstoffgas verbraucht ist, wird der Glashahn oben geschlossen und unten nach Öffnung eines Glashahns reines, aus chlorsaurem Kali entwickeltes Sauerstoffgas unter Quecksilber wieder eingeleitet. Im Wesentlichen entspricht die Anordnung der Apparate dem Princip, welches Regnault in seinen berühmten Untersuchungen über die Respiration der Thiere, angewendet hat.

<sup>1)</sup> Ueber die Einwirkung des Sauerstoffs auf Gährungen. Festschrift zur Feier des 25-jährigen Bestehens des Pathologischen Instituts zu Berlin. Strassburg, Trübner 1881, S. 8—20.

Es hatten sich bei den beschriebenen Versuchen noch einige Mängel in den Einrichtungen gezeigt<sup>1)</sup>, deren Beseitigung nicht schwierig erschien, aber neue Complicationen veranlasste.

Bei den seitdem ausgeführten Versuchen wurde eine Ventilation des Luftraumes im Doppelflaschenapparate herbeigeführt durch ein kleines Cylindergebläse bestehend aus Glasglocken, die in Quecksilber abwechselnd auf- und abwärtsbewegt wurden und hierbei nach der einen Seite aus dem Apparate so viel Luft aufsaugten als von der anderen Seite in den Apparat eingetrieben wurde. Dies Gebläse bewegte sich mit derselben Geschwindigkeit, als der sich drehende Doppelflaschenapparate, nämlich 6 mal in der Minute hin und zurück, getrieben durch einen Wassermotor mit 60 Umdrehungen in der Minute.

Eine Gefahr für das Leben und die ungestörte Einwirkung der Spaltpilze wird bei diesen Versuchen herbeigeführt durch die reichliche Entwicklung von Ammoniak, welche bei der Spaltung der Eiweissstoffe und Oxydation der Spaltungsprodukte sich einstellt. Dasselbe muss viel nachtheiliger wirken, wenn die Kohlensäure aus der Luft durch Kalilauge entfernt wird, als wenn dies nicht geschieht; die Absorption der  $\text{CO}_2$  ergibt sich aber als nothwendig, um die Sauerstoffzufuhr zu reguliren. Zum Zweck der Entfernung des Ammoniak wurde in einigen Versuchen die durch das Gebläse ventilirte Luft durch Waschflaschen getrieben, welche gemessene Quantitäten Normalschwefelsäure enthielten. Es wurde hierdurch nicht wenig Ammoniak unschädlich gemacht, aber ich habe diese Complication in den späteren Versuchen wieder verlassen und es vorgezogen, der gährenden Flüssigkeit eine gewogene Menge Gyps von vornherein zuzufügen, so dass sich das gebildete Ammoniumcarbonat in Calciumcarbonat und Ammoniumsulfat umsetzt. Dieser Zusatz hat sich sehr gut bewährt, aber um die Bildung festhaftender Absätze zu vermeiden und nicht zu concentrirte Lösung von Ammoniumsulfat entstehen zu lassen, durften die  $\text{NH}_3$  bil-

<sup>1)</sup> A. a. O., S. 25.

denden Stoffe nicht zu reichlich vorhanden und dementsprechend der Gypszusatz nur ein mässiger sein. Am Ende der Versuche wird, wenn dieser Zusatz gemacht war, eine Bestimmung von Calciumsulfat, Calciumcarbonat, Ammonium- und Natriumsulfat erforderlich.

Alle diese, die Versuche recht erschwerenden Complicationen würden ganz überflüssig sein, wenn es genügte, die Gährungsmischung in einer geräumigen Flasche mit einer hinreichend grossen Quantität Sauerstoff zusammen zu bringen und hier und da einmal umzuschütteln, wie es Nencki glaubt annehmen zu dürfen. Die in dieser Weise unter seiner Leitung ausgeführten Versuche haben zu brauchbaren Resultaten nicht geführt und nicht führen können, weil er unbeachtet gelassen hat, dass der Sauerstoff in die tieferen Flüssigkeitsschichten gar nicht eindringt. Durch Wiederholung eines der in dieser Richtung von Zlotnicki<sup>1)</sup> angestellten Versuche kann man sich auf das Leichteste überzeugen, dass in kurzer Zeit die unteren Flüssigkeitsschichten sauerstofffrei sind und nach dem Umschütteln es bald wieder werden.

Für die im Folgenden zu schildernden Versuche wurden die Gefässe, Kautschukröhren u. s. w. kurz vorher mit ausgekochtem destillirten Wasser gereinigt. Die Kautschukröhren hatten mindestens 2 mm. starke Wandung. Stets wurden neben den mit überschüssigem Sauerstoff behandelten Portionen auch solche im Doppelflaschenapparate die gleiche Zeit bewegt ohne Ersatz des Sauerstoffs, derselbe war meist auch aus dem Luftraume durch Kohlensäure vor Beginn der Versuche ziemlich vollständig ausgetrieben, die Apparate dann verschlossen gehalten. In mehreren Versuchen wurden auch Portionen die gleiche Zeit ruhig in lose bedeckten Glase stehen gelassen.

I. Versuch vom 30. Juni Mittag bis 4. Juli 1882 Nachmittags 3 Uhr.

<sup>1)</sup> A. Zlotnicki: Ueber die Bildung von Wasserstoff bei der Fäulniss und die Activirung des Sauerstoffs. Dissertation Bern 1883.

Temperatur 20,9° bis 17,7°.

Luftdruck 753,5 bis 751,5 mm.

Kalter wässriger Auszug aus vorher mit Wasser oberflächlich von Blut befreitem, gehacktem Pferdefleisch mit etwas Kaltwasserauszug vom Rindspankreas gemischt, durch Leinwand filtrirt, wurde zu diesem Versuche verwendet.

Eine Portion von 100 ccm. dieser Flüssigkeit wurde sofort mit überschüssigem Alkohol gemischt, dann analysirt.

Eine zweite Portion von 100 ccm. wurde im Doppelflaschenapparate, welcher in der einen Abtheilung 100 ccm. Kalilauge enthielt, die angegebene Zeit in Bewegung erhalten unter Zufuhr von Sauerstoff durch die Gasbürette bei geringem Ueberdruck gegen die Atmosphäre und Ventilation der Luft im Apparate. Am Ende des Versuches wurden wieder erhalten: Flüssigkeit 93 ccm., Kalilauge 107,5 ccm. Die Flüssigkeit roch nach Ammoniak, enthielt unzählige Micrococen, meist in Colonien vereinigt, wenig Bacillen. In Niederschläge fanden sich viele Krystalle von Ammoniummagnesiumphosphat.

Bei der Destillation der Flüssigkeit wurde weder Indol noch Skatol gefunden. Die Analyse der ursprünglichen Flüssigkeit und der in überschüssigem Sauerstoff bewegten, ergab folgende Zusammensetzung:

	Ursprüngliche Flüssigkeit. 100 ccm.	4 Tage mit O <sub>2</sub> gefaulte Flüssigkeit. 100 ccm.
Organische Stoffe nach dem Kochen unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether . . . . .	0,8509 gr.	0,4087 gr.
Organische Stoffe löslich in Alkohol	0,1047 "	0,0751 "
Organische Stoffe löslich in Wasser	0,9560 "	0,5635 "
Summe. . . . .	1,9116 gr.	1,0473 gr.
Asche . . . . .	0,3326 "	0,3147

II. Versuch vom 18. Juli 5 Uhr 30 Minuten Nachmittags bis 24. Juli 1882, Morgens 10 Uhr.

Fleischlösung mit Pancreasauszug gemischt, durch Leinwand filtrirt, wie in Versuch I.

Temperatur 20,7° bis 23,5°.

Luftdruck 756,6 bis 751 mm.

Portion 1. 100 cbem. der Lösung sind im Doppelflaschenapparate neben 100 cbem. Kalilauge bei überschüssigem Sauerstoffzutritt und mit Ventilation die angegebene Zeit in Bewegung erhalten. Das in den Luftraum des Apparates übergegangene  $\text{NH}_3$  wird durch abgemessene Quantität Normalschwefelsäure in Erlenmeyer'schen Waschflaschen absorbiert.

Portion 2. 100 cbem. der Lösung werden die gleiche Zeit im Doppelflaschenapparate in Kohlensäure in Bewegung erhalten.

Portion 3. 100 cbem. der Lösung werden sogleich zum Kochen erhitzt und analysirt.

Portion 4. 100 cbem. der Lösung bleiben lose mit Glasplatte bedeckt, bei angegebener Temperatur vom 18. bis 24. Juli ruhig stehen.

Am Ende des Versuchs wurde gefunden:

Portion 1. Flüssigkeit 93 cbem. neben Kalilauge 102,5 cbem. Die Flüssigkeit ist sehr trübe, an den Wandungen des Apparates Krystalle von Ammonium-Magnesiumphosphat und trübe Flocken geringer Grösse. Geruch schwach nach Ammoniak, Reaction alkalisch. Unter dem Mikroskop einzelne dünne, bewegungslose Leptothrixfäden, unzählige sich lebhaft bewegende Micrococcen und zahlreiche kurze Bacillen, gleichfalls in reger Bewegung.

Portion 2. Wieder erhalten 99 cbem. von schwach alkalischer Reaction und übeln Geruch. Bei der mikroskopischen Untersuchung finden sich sehr wenige lange ruhende Leptothrixfäden, wenige Bacterien und kleine Kugeln, die letzteren oft an einander gereiht. Die kürzeren Bacterien und Micrococcen zeigen lebhaftere Bewegung.

Portion 4 sehr übelriechend, mit einer Rahmhaut überdeckt, welche aus sehr kleinen Bacterien und zahllosen Micrococcen in lebhafter Bewegung besteht.

Die Analyse der Flüssigkeiten für 100 cbcm. ursprünglichen Volumens ergab folgende Werthe:

	Ursprgl. Flüssigkeit. Port. III.	In O <sub>2</sub> bewegt. Port. I.	In CO <sub>2</sub> bewegt. Port. II.	Ruhig gestanden Port. IV.
Organ. Stoffe, unlöslich in kochendem Wasser, Alkohol und Aether . . .	0,3868 gr.	0,3277 gr.	0,0934 gr.	0,0467 gr.
Organische Stoffe, löslich in Alkohol . . .	0,0060 "	0,0042 "	} 1,3368 "	} 1,0866 "
Organische Stoffe, löslich in Wasser . . .	1,1420 "	0,1926 "		
Summe . . .	1,5348 gr.	0,5245 gr.	1,4302 gr.	1,1333 gr.

In Portion I fanden sich weder Indol, Skatol, noch Phenole, wohl aber waren sie deutlich nachweisbar in Portion IV.

Die bei Beendigung des Versuchs aus dem Luftraume von Portion I entnommene Gasprobe (mittels des Ventilationsgebläses und kurzes Zusammendrücken eines Ableitungsschlauches entnimmt man bei der getroffenen Anwendung der Apparate sehr leicht Gasproben durch ein angefügtes Glasrohr mit Glashahn), zeigte die Zusammensetzung:

CO <sub>2</sub> . . .	0,12	Volum-Procent.
O <sub>2</sub> . . .	28,89	"
N <sub>2</sub> . . .	70,99	"

Durch Explosion einer Mischung der von CO<sub>2</sub> befreiten Gasprobe im Eudiometer mit electrolytischem Knallgas wurde die völlige Abwesenheit von Wasserstoffgas in dem Luftraume des Apparates nachgewiesen. Nach dieser Bestimmung steht fest, dass ein Hundertelprocent Wasserstoff sicher nicht vorhanden war.

III. Versuch vom 18. Mai Morgens 10 Uhr 45 Minuten bis 4. Juni 1883, Morgens 11 Uhr.

Temperatur 18° bis 21,2°.

Luftdruck 751,5 bis 751,5 mm.

Hydroceleflüssigkeit 20 cbcm. mit Gyps 1,05 gr. und ein wenig Kloakenschlamm (lange im Dunkeln im verschlossenen Gefäss gestanden) verdünnt zu 100 cbcm. Flüssigkeit.

sigkeit wird neben 100 cbcm. Kalilauge im Zweiflaschen-  
apparate die angegebene Zeit in Bewegung erhalten, unter  
Zufluss von Sauerstoff entsprechend dem Verbrauch.

Am Ende des Versuchs wurden 80,5 cbcm. Flüssigkeit  
neben 116,5 cbcm. Kalilauge wiedergefunden. Etwas Schlamm  
an der inneren Wandung des Apparates entging der Messung  
des Volumen. Die Flüssigkeit war fast geruchlos, zeigte bei  
der mikroskopischen Untersuchung zahlreiche Micrococcen  
und kurze Stäbchen sehr zahlreich, alle in lebhafter Bewegung,  
sehr selten längere Stäbchen.

Die ganze Flüssigkeit nebst dem Wasser, mit welchem  
der Apparat ausgespült ist, werden einige Zeit mit angefügten  
Kühler und salzsäurehaltiger Vorlage (Apparat von Will-  
Varrentrapp) erhitzt, nach dem völligen Erkalten das abge-  
schiedenen Coagulum bedeckt abfiltrirt, auf gewogenem Filter  
gesammelt und ausgewaschen. Das Filtrat wird noch weiter  
der Destillation unterworfen. Die vereinigten in Salzsäure  
aufgefangenen Destillate werden zur Probe auf Indol, Skatol  
und Bestimmung des enthaltenen Ammoniak in gleiche Theile  
getheilt, Indol und Skatol im Destillate nach Uebersättigung  
mit Natronlauge nicht gefunden. Der Rückstand im Kolben  
wurde zum Syrup abgedampft, derselbe successive mit Aether,  
Alkohol, Mischung gleicher Volumina von Alkohol und Wasser  
ausgezogen, in den Auszügen Schwefelsäure, Ammoniak, Cal-  
cium und organische Stoffe bestimmt, ebenso Calcium und  
Schwefelsäure im getrockneten Coagulum bestimmt.

Die Analysen ergaben folgende Werthe:

100 cbcm. der ursprünglichen Flüssigkeit enthielten:

Kloakenschlamm kleine Portion	aufgeschlämmt nicht bestimmt.
SO <sub>4</sub> Ca . . . . .	0,8302 gr. grösstentheils aufgeschlämmt.
Albuminstoffe . . . . .	1,0351 "
Alkoholextraktstoffe . . . . .	0,0870 "
Wasserextraktstoffe . . . . .	0,0551 "
Summe der organischen Stoffe	1,1772 gr.
Anorganische Salze. . . . .	0,1683 "

Vom 18. Mai bis 4. Juni 1883 bewegt im O<sub>2</sub>, zeigt  
die Mischung dann die Zusammensetzung:



Eiweissstoffrest und unlösliche organische	
Stoffe der Spaltpilze . . . . .	0,5795 gr.
Lösliche organische Stoffe . . . . .	0,2779 «
Summe . . . . .	0,8574 gr.
Ca SO <sub>4</sub> . . . . .	0,5475 «
Ca CO <sub>3</sub> . . . . .	0,2622 «
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	0,0828 «
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . . . . .	0,1576 «
NH <sub>4</sub> Cl . . . . .	0,0125
Andere anorganische Salze . . . . .	0,1329
Anorganische Stoffe . . . . .	1,1955 gr.
Feste Stoffe . . . . .	2,0529
NH <sub>3</sub> frei oder als Carbonat . . . . .	0,01968

Die am Ende des Versuchs entnommene Luftprobe enthielt:

CO <sub>2</sub> . . . . .	0,29 Volum-Procent.
O <sub>2</sub> . . . . .	24,65 «
N <sub>2</sub> . . . . .	75,06 «

Im Ganzen wurden gebunden und frei bestimmt NH<sub>3</sub> = 0,06545 gr. Sauerstoff wurde verbraucht 421 cbem. von 0° und 760 mm. Druck.

IV. Versuch vom 24. Juli, Mittag 12 Uhr 15 Minuten bis 30. Juli 1883, Nachmittags 3 Uhr.

Temperatur 16,8° bis 22,2°.

Luftdruck 749,5 wechselnd bis 747,7 mm. am Ende. Kaltwasseranzug aus Pferdefleisch, welches vorher zur Entfernung des Blutes oberflächlich mit Wasser abgespült war.

Portion 1. 50 cbem. dieser Lösung mit 1,002 gr. krystallisirten Gyps und 50 cbem. destillirten Wassers wurden im Doppelflaschenapparate neben 100 cbem. Aetzkalilauge die angegebene Zeit in Bewegung erhalten, im abgeschlossenen Apparate mit Ventilation und Ersatz des verbrauchten Sauerstoffs.

Portion 2. 50 cbem. des Fleischauszugs mit 1,004 gr. Gyps und 50 cbem. Wasser wurden gleichfalls im Doppelflaschenapparate diese Zeit in Bewegung erhalten ohne

Ventilation und ohne Ersatz des Sauerstoffs im geschlossenen Apparate.

Portion 3. 100 ccm. der Fleischlösung werden auf siedendem Wasserbade eingedampft und Albuminstoffe, Extractstoffe und Salze darin bestimmt.

Am 30. Juli Nachmittags bei Beendigung des Versuchs wird eine Probe der Luftmischung im Doppelflaschenapparate mit Portion 1 entnommen. Die dann ausgegossene, gährende Flüssigkeit beträgt 93 ccm., die Kalilauge 104 ccm. Die Flüssigkeit hat einen ammoniakalischen Geruch, enthält freie Micrococcen und kurze feine Stäbchenbacillen in lebhafter Bewegung, wenige längere ruhende Fäden, wenige und nur kleine Coccen-Colonien.

Die Flüssigkeit wird sogleich destillirt, das Destillat in verdünnter Salzsäure aufgefangen.

Die Portion 2 gab am Ende des Versuchs 97 ccm. Flüssigkeit und 100 ccm. Kalilauge. In der überriechenden Lösung sind zahlreiche und grosse Micrococcenkolonien und sehr kurze Stäbchen, alle in guter Bewegung, längere und ruhende Leptothrixfäden fehlten ganz.

Diese Flüssigkeit wird in gleicher Weise analysirt wie die von Portion 1.

Die am Ende des Versuchs von Portion 1 entnommene Gasprobe enthielt:

CO <sub>2</sub> . . .	0,072 Volum-Procant.
O <sub>2</sub> . . .	25,444 "
N <sub>2</sub> . . .	74,484 "

Wasserstoff fehlte vollständig.

Die Analyse der Flüssigkeiten gab für 50 ccm. der ursprünglich eingeführten Flüssigkeit folgende Werthe:

	Ursprgl. Flüssigkeit Port. III.	In O <sub>2</sub> bewegt. Port. I.	Ohne O <sub>2</sub> bewegt. Port. II.
Albuminstoffe . . . . .	0,42410 gr.	0,2458 gr. <sup>1)</sup>	0,3336 gr. <sup>1)</sup>
Organische Extractstoffe . . . . .	0,41895 "	0,0406 "	0,1323 "
Summe . . . . .	0,84305 gr.	0,2864 gr.	0,4659 gr.

<sup>1)</sup> Diese Werthe enthalten auch die unlöslichen Stoffe der Spaltpilze.

	In O <sub>2</sub> bewegt, Port. I.	Ohne O <sub>2</sub> bewegt, Port. II.
NH <sub>3</sub> frei oder als Carbonat. . . . .	0,02232 gr.	0,02457 gr.
NH <sub>3</sub> als Sulfat und Chlorid. . . . .	0,01878 «	0,00402 «
Summe . . . . .	0,04110 gr.	0,02859 gr.
CaSO <sub>4</sub> . . . . .	0,6208 «	0,6543 «
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	0,1678 «	0,1204 «

In der Flüssigkeit Portion 1 wurden weder Indol noch Skatol, in Portion 2 Skatol nachgewiesen.

In Portion I war eingebracht CaSO<sub>4</sub> 0,7923 gr. und in Portion II 0,7939 gr. Der gefundene Ueberschuss in den Flüssigkeiten am Ende des Versuchs muss, abgesehen von den durch die Complicationen der Analyse bedingten Fehlern, von der Fleischflüssigkeit geliefert sein, vielleicht auch ein wenig vom Glase des Apparates. Durch Portion 1 war während der Versuchszeit aufgenommen: 401 ccm. O<sub>2</sub> von 0° und 760 mm. Druck = 0,57356 gr.

Die Kalilauge hatte 0,2494 gr. CO<sub>2</sub> während des Versuchs aufgenommen. Nimmt man an, dass das abdestillierte Ammoniak als 1 $\frac{1}{2}$  faches Carbonat in der Flüssigkeit enthalten war, so ergibt sich die gesammte Produktion an CO<sub>2</sub> während des Versuches zu 0,3535 gr.

Die Einrichtung der für diese Versuche benutzten Apparate, welche bereits von mehreren Physiologen im hiesigen physiologisch-chemischen Institute besichtigt ist, wird im Kurzen zusammen mit den zu ihrer Prüfung angestellten Vorversuchen und weiteren definitiven Versuchen von mir geschildert werden. Man besitzt verschiedene Mittel, Flüssigkeiten im abgeschlossenen Raume mit Gasen in Berührung in dauernder Bewegung zu erhalten, so dass die Gase, die Flüssigkeiten überall durchdringen. Ob nun die von mir gewählte Methode der Bewegung der Flüssigkeit in sich hin- und herdrehender liegender Flasche die einfachste und beste ist, wage ich nicht zu behaupten, jedenfalls sind Schaumbildung und Stösse vermieden. Eine Anordnung für einen

sehr ähnlichen Zweck ist vor längerer Zeit von M. Traube beschrieben, die jedoch wegen der Abnutzung der Kautschukschläuche nur für kurze Zeit, nicht für wochenlang, Tag und Nacht fortdauernde Versuche dienen kann.

Die beschriebenen Versuche ergeben das ganz bestimmte Resultat: dass bei steter Gegenwart von freiem, indifferenten Sauerstoff die einzigen, bestimmt nachweisbaren Produkte der Fäulniss eiweiss-haltiger Flüssigkeiten sind:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , von denen das zuletzt genannte nur aus dem Verhältniss des aufgenommenen Sauerstoffs und der gebildeten  $\text{CO}_2$  zu erschliessen ist. Selbst bei mehreren Wochen lang fortgesetzter Fäulniss mit oder ohne Pankreasinfus zur faulenden Lösung bilden sich weder Wasserstoffgas noch Sumpfgas, wenn Sauerstoff die Flüssigkeit stets durchdringt; es werden auch die gewöhnlichen Fäulnissprodukte, wie Indol, Skatol gar nicht, Leucin und Tyrosin, wenn überhaupt, nur vorübergehend gebildet.

Der wirkliche chemische Umsatz ist nachweisbar in den obigen Versuchen grösser gewesen, als es nach den erhaltenen Zahlenwerthen scheint. Die Niederschläge, welche beim Kochen der gefaulten Flüssigkeiten erhalten werden, enthalten einen wahrscheinlich nicht geringen Theil der Stoffe der Spaltpilze, während die bei der Tödtung der letzteren löslich werdenden Bestandtheile die Summe der Extraktstoffe vermehren. Da nun die mikroskopische Untersuchung ergibt, dass bei der Fäulniss bei Gegenwart von Sauerstoff eine sehr grosse Zahl von Spaltpilzen entsteht, eine viel grössere als bei geringerem  $\text{O}_2$ -Zutritt, so ist die Substanz der gebildeten Spaltpilze von besonders hohem Einflusse in der in Sauerstoff bewegten Portion.

Die Spaltpilze verhalten sich hinsichtlich der Vermehrung offenbar ebenso wie die Bierhefe, von welcher Brefeld den Beweis geliefert hat, dass sie nur bei Anwesenheit von  $\text{O}_2$  sich vermehrt. In guter Uebereinstimmung mit Brefeld's Angabe stehen Resultate, die ich in einem Versuche erhielt, in welchem Hefe in einer Mischung von Nährflüssigkeit und

Zuckerlösung in mehreren Portionen ebenso behandelt wurde, wie es oben für die faulenden Eiweisslösungen beschrieben ist. In diesem Versuche vom 6. bis 10. Juni 1882 bei 12,5° bis 14,4° Temperatur wurde aus der in Sauerstoff bewegten Portion 0,5078 gr., aus der in  $\text{CO}_2$  mit sehr wenig  $\text{O}_2$  bewegten Portion 0,38675 gr. und aus einer die gleiche Zeit ruhend mit Quecksilber abgeschlossenen Portion 0,3761 gr. trockene Hefe erhalten, während am Anfang alle drei Portionen gleichen Hefegehalt besaßen. Bierhefe lässt sich schnell abfiltriren und waschen, Spaltpilze meist nicht, ich kann deshalb keinen Zahlenausdruck für die in obigen Versuchen geschehene Vermehrung der Spaltpilze geben.

Alle diese Ergebnisse stehen im Einklange mit der früher bereits von mir ausgesprochenen Ansicht, dass Spaltpilze und Hefarten, so lange sie bei gutem Sauerstoffzutritt leben, im Wesentlichen hinsichtlich ihres Lebens sich nicht anders verhalten, als alle übrigen Organismen; sie nehmen Sauerstoff auf und scheiden  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{NH}_3$ , oder dem Ammoniak nahestehende stickstoffreiche Stoffe aus.

Bei Abwesenheit von Sauerstoff veranlassen sämtliche Organismen Gährungserscheinungen, während aber Spaltpilze und Hefarten zum Theil wenigstens lange Zeit in diesem Zustande fortbestehen können, gehen die übrigen Organismen bei Sauerstoffmangel bald zu Grunde und ihr Leib verfällt den Fermentationen der Spalt- und Hefepilze.

Dass auch gewisse Spaltpilzarten die Abwesenheit von Sauerstoff nicht lange ertragen, ist erwiesen, andere Species derselben besonders der Spaltpilz oder die Spaltpilze, welche bei Abwesenheit von Sauerstoff Cellulose zu  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  und  $\text{H}_2$  zerlegen (ob es mehrere Arten solcher Spaltpilze giebt, ist nicht bekannt) vertragen den Sauerstoffmangel sehr lange. Ein Versuch, in welchem eine bestimmte kleine Quantität von Kloakenschlamm nur mit reinem Filtrirpapier und Wasser, gar nichts ausserdem, in einer Flasche über Quecksilber seit 2. Dezember 1881 abgeschlossen ist, geht noch jetzt nach mehr als zwei Jahren bei Stubentemperatur und bei völliger Dunkelheit ruhig weiter. Ich habe vor einem Jahre vorläufig

über diesen Versuch berichtet, weil schon damals viel mehr Kohlenstoff in den Gasen, welche über Quecksilber aufgefangen sind, entwickelt war, als das Gewicht der organischen Stoffe des eingebrachten Schlammes betrug<sup>1)</sup>.

Man hat seit Pasteur's hierauf bezüglichen Publikationen ziemlich allgemein unterschieden zwischen Spalt-

<sup>1)</sup> Auf meine Mittheilung über diesen Versuch (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, Bd. 16, S. 122) beziehen sich offenbar einige ungegründete Bedenken, welche Tappeiner [ebendas. Bd. 16, S. 1740] ausspricht. Es wird von ihm der Einwand erhoben, es sei bei dem Versuche keine Sterilisirung angegeben und es sei nicht ausgemacht, dass im Schlamm selbst die Cellulosegährung verlaufe. Meine Apparate waren mit destillirtem Wasser gut ausgespült, weitere Desinfektion war ganz unnöthig, weil es nur auf die Gewichte der vorhandenen Substanzen, die Quantität und Zusammensetzung der entwickelten Gase ankommt. Diese sind genau bestimmt nach den besten Methoden und das Resultat, dass nämlich die entwickelte  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  grösstentheils wenigstens durch Zersetzung von Cellulose gebildet sein mussten, bleibt durchaus unangreifbar. Die früheren Publikationen Tappeiner's enthalten ganz interessante Versuche, aber die Bildung von  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  aus Cellulose beweisen sie nicht. Er hat leider seinen Gährmischungen Fleischextrakt beigegeben, dessen Bestandtheile mit Panseninhalt faulen, hierbei Essigsäure und aus dieser  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  liefern können. Die Gewichts- und Volumenverhältnisse des Panseninhalts und der Gase, ihr Gehalt an Kohlenstoff werden weder absolut noch relativ angegeben, nur die Lösung der Cellulose ist beschrieben, jede scharfe Schlussfolgerung fehlt. Spaltpilze, welche  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  bilden, finden sich in jedem Schlatim in Flüssen, Seen, in Wald-, Garten-, Ackererde, wenn Reste von Pflanzen darin vorhanden sind, davon habe ich mich durch zahlreiche Versuche überzeugt. Die Infektion des Schlammes der Kloaken, Sümpfe etc., stammt nicht, wie Tappeiner meint, aus dem Pansen der Kühe, sondern die des Panseninhaltes aus dem Futter der Thiere und dem Boden auf dem es gewachsen ist. Die von Tappeiner angegebene Gährung der Cellulose mit Bildung von Säure, ferner die Bildung von Sumpfgas aus anderen Stoffen als Essigsäure und Cellulose sind mir durchaus unbekannt, nie beobachtet trotz sehr zahlreicher Versuche. Seinen am Ende der ersten Abhandlung angeführten Versuch der Gährung von Wiesenheu (a. a. O., S. 1740) unterlasse ich zu kritisiren, weil die Stoffe des Wiesenheus genügend bekannt sind, um die gefundenen Produkte ganz ungezwungen zu erklären, ohne die Cellulose auch nur in Betracht zu ziehen.

pilzen, die in Sauerstoff leben, und solchen, die ohne freien Sauerstoff leben, sog. Anærobien.

Die Annahme, dass es Spaltpilze gebe, welche nur bei Abwesenheit von Sauerstoff ihr Leben führen, ist eine Hypothese, die an sich höchst unwahrscheinlich und durchaus nicht begründet ist. Dass sie ohne Sauerstoff lange leben können, auch ohne sich zu vermehren, zeigt mein obiger Celluloseversuch sehr entschieden.